

Manualul a fost elaborat pe baza programei școlare aprobate de Ministerul Învățământului și Învățământului

Au participat:

WIENER LIGIA: partea I, cap. I, II, III, IV și V

HILOHI SABINA: partea I, cap. VI

NADOLO ANDREI: partea a II-a

LAZEANU LUCIA: partea a III-a

Referenți: fiz. **VASILE PETRESCU**

Redactor: ing. **FELICIA BALASAN**

Tehnoredactor: **ELENA PETRICĂ**

Coperta: **VICTOR WEGEMANN**

PARTEA ÎNȚIIA

TEHNICA MĂSURĂRII MASELOR

CAPITOLUL I

NOȚIUNI INTRODUCTIVE

A. MASĂ ȘI GREUTATE

Masa, alături de spațiu și timp, este una din mărimile fundamentale ale mecanicii. Trăim în spațiu și în timp, întâlnim diferite obiecte și corpuri care au o masă pe care o sesizăm când vrem să le mișcăm. Noțiunea de masă este strâns legată de noțiunea de materie, masa reprezentând una din caracteristicile fundamentale ale materiei.

După cum se cunoaște din mecanică, legea a doua a lui Newton afirmă că: dacă un obiect în mișcare suferă o accelerație, înseamnă că asupra lui acționează o forță. Experimental se constată însă că: dacă asupra unor corpuri diferite acționează aceeași forță, ele capătă diferite accelerații. De aici se deduce că, accelerațiile corpurilor sînt determinate nu numai de forțele care acționează asupra lor, ci și de o altă proprietate, care este tocmai mărimea fizică numită *masă*.

Matematic, legea a doua a lui Newton se exprimă astfel:

$$F = m \cdot a, \quad (1)$$

adică forța F care acționează asupra unui corp este numeric egală cu masa m a acestuia înmulțită cu accelerația a pe care o capătă corpul sub acțiunea forței.

Din relația (1) rezultă că masa unui corp poate fi determinată prin relația:

$$m = \frac{F}{a}.$$

Deci, masa se exprimă numeric prin raportul dintre forța F și accelerația a .

Tot din mecanică este cunoscută legea atracției universale, care se exprimă prin relația :

$$F = k \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}, \quad (2)$$

în care :

F — este forța cu care se atrag două corpuri avînd masele m_1 și m_2 ;

r — distanța dintre corpurile de masă m_1 și m_2 ;

k — constanta gravitației universale $= 6,670 \times 10^{-11} \frac{\text{newton} \times \text{metru}^2}{\text{kilogram}^2}$.

Aceste două legi permit să se studieze forțele ce acționează asupra obiectelor din apropierea suprafeței Pămîntului.

Egalînd relația (1) cu (2) rezultă :

$$F = k \cdot \frac{m \cdot M}{R^2} = m \cdot g, \quad (3)$$

considerînd M — masa Pămîntului, R — raza Pămîntului, și $g = k \cdot M/R^2$ accelerația gravitației.

Forța G care acționează asupra unui corp pe direcție verticală datorită gravitației universale, denumită *greutate*, este egală cu :

$$G = m \cdot g. \quad (4)$$

Greutatea la înălțimi mici în raport cu raza Pămîntului este aproape independentă de înălțime. Din relația (4) se pot duce următoarele :

— greutatea G , a unui corp de masă m , variază cu accelerația gravitației, care, la rîndul ei, depinde de latitudine și de altitudine. La poli, g are valoarea maximă, egală cu $9,831 \text{ m/s}^2$, iar la ecuator, g are valoarea minimă, egală cu $9,781 \text{ m/s}^2$, diferența datorîndu-se variației razei Pămîntului;

— accelerația gravitației g este accelerația pe care o capătă orice corp lăsat să cadă liber în vid (adică în condiții în care efectele de frînare pe care le-ar exercita atmosfera sînt înlăturate).

Multă vreme, în limbajul curent și, uneori, chiar în diverse publicații, noțiunile de masă și greutate au fost confundate, mai precis noțiunea de greutate o substituia pe aceea de masă. Acest lucru se datorește caracterului mai palpabil al noțiunii de greutate în raport cu acela abstract al noțiunii de masă dar, evident, acest lucru nu poate justifica, în nici un caz, o asemenea confuzie.

Timp de peste două secole s-a crezut că ecuațiile mișcării formulate de Newton descriu absolut corect natura lucrurilor. Legile lui Newton implică tacit faptul că masa este o mărime constantă.

În anul 1905, Albert Einstein a corectat aceste lucruri în cadrul teoriei relativității restrînse, arătînd că la viteze foarte mici, masa unui corp crește cu viteza lui. Masa poate fi deci definită ca fiind o mărime scalară care măsoară inerția corpurilor.

B. UNITĂȚI DE MĂSURĂ

Sistemul de unități de măsură legal și obligatoriu în toate domeniile de activitate din țara noastră este Sistemul Internațional de Unități (simbol S.I.).

Unitatea de măsură a masei în sistemul internațional este kilogramul, cu simbolul kg.

Kilogramul se definește ca *masa „kilogramului prototip internațional”, adoptat ca unitate de măsură a masei de către Conferința Generală de Măsuri și Greutăți, în anul 1889*.

Kilogramul prototip internațional confecționat din platină iridiată este păstrat la Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți de la Sèvres-Franța.

Țara noastră posedă ca prototip kilogramul național numărul 2, atribuit în acest scop de Conferința Generală de Măsuri și Greutăți din anul 1889. Acesta este păstrat de Institutul național de metrologie București și servește ca referință pentru întreaga activitate de asigurare a uniformității și preciziei măsurărilor de masă din R.S. România.

C. DETERMINAREA MASEI CORPURILOR

Determinarea masei corpurilor, cîntărirea, are ca scop, obținerea unor informații de măsurare, adică a unor informații de un tip particular care ne spun de cîte ori masa corpului examinat este mai mare sau mai mică decît masa unui anumit corp, adoptat drept unitate de măsură. Întrucît aceste informații se obțin prin intermediul unor mijloace tehnice adecvate, înainte de prezentarea operației de cîntărire propriu-zise este necesară o prezentare a aparatelor de cîntărit.

1. Aparate de cîntărit

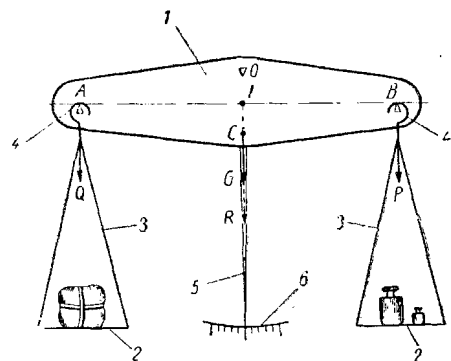


Fig. I.1. Schema de principiu a balanței simple.

prezent și desigur vor reprezenta și în următorii ani, marea majoritate a aparatelor de cîntărit din economie și cum aceste aparate sînt singurele care pot fi utilizate ca etaloane și la cîntăririle de precizie ridicată, prezentarea succintă a aparatelor de cîntărit în acest capitol, precum și exemplificările principale de la capitolele 2 și 3 care tratează problemele cu caracter general ale cîntărilor și metodelor de cîntărire va fi făcută pe aparatele cu pîrghii și, în principal, pe balanța simplă.

a. **Balanța simplă** (fig. I.1), cel mai simplu și mai vechi dintre aparatele de cîntărit, are ca parte principală pîrghia cu brațe egale 1, mobilă în jurul unei axe orizontale formată din muchia unui cuțit O, cu rol de cuțit de sprijin numit *cuțit central*, fixat la mijlocul pîrghiei. La distanțe egale de muchia cuțitului central se găsesc două cuțite A și B, numite *cuțite de sarcină*. Pe muchiile acestor cuțite sînt suspendate cele două talere 2 ale balanței, prin intermediul unor vergete de suport 3 și al unor piese numite paftale 4. Un ac indicator 5, solidar cu pîrghia, se deplasează în fața unei scări gradate 6.

b. **Basecula** este un alt aparat de cîntărit cu o largă utilizare, a cărei construcție se bazează pe un sistem cinematic compus din două sau mai multe pîrghii. Pe una sau două dintre ele, denumite *pîrghii de sarcină*, se așază platforma. Aceasta constituie receptorul de sarcină al aparatului, pe care se încarcă corpul a cărui masă urmează să fie determinată. Forța reprezentată de greutatea acestui corp este redusă de sistemul pîrghiei de sarcină și transmisă *pîrghiei de echilibrare*, cu ajutorul căreia se stabilește masa corpului respectiv.

Din punctul de vedere al principiului de construcție, aparatele de cîntărit se pot clasifica în două grupe mari:

— aparate de cîntărit cu pîrghii, din categoria cărora fac parte balanțele și basculele;

— aparate de cîntărit fără pîrghii, care funcționează în baza unor traductoare, ca: doze tensometrice, traductoare hidraulice, cu element elastic, pneumatic, radioactive și altele.

Întrucît aparatele de cîntărit cu pîrghii reprezintă în

2. Cîntărirea

Cîntărirea este operația de măsurare prin care se determină masa unui corp. Acțiunea greutății unui corp care este așezat pe un reazem se manifestă prin forța pe care acesta o exercită asupra reazemului. Acest fapt permite să se efectueze cîntărirea cu ajutorul aparatelor de cîntărit.

Astfel, dacă se așază un corp pe talerul unei balanțe simple (v. fig. I.1), se observă că talerul va coborî sub influența greutății Q a acestuia. Pe celălalt taler se așază mase de lucru, de mărime convenabilă cu greutatea P, astfel încît vîrfurile indicatorului balanței, la oprire, să fie în dreptul reperului din mijloc de pe scara gradată; la această poziție a pîrghiei (orizontală) și a acului se spune că balanța este în *poziție normală de echilibru*.

În această situație, momentele date de cele două greutăți Q și P față de axa O a balanței sînt egale:

$$Q \cdot OA = P \cdot OB,$$

deoarece $OA = OB$,

avem:

$$Q = P.$$

Deci, în operația de cîntărire descrisă se face o comparație între acțiunea greutății Q a corpului și aceea a greutății P a măsurilor de masă, stabilindu-se egalitatea lor.

Notînd cu m_Q masa corpului și cu m_P masa măsurilor de masă, greutățile Q și P se exprimă, utilizîndu-se relația (4);

$$Q = m_Q \cdot g.$$

$$P = m_P \cdot g.$$

Deoarece $Q = P$, rezultă că:

$$m_Q \cdot g = m_P \cdot g.$$

Cum însă g are aceeași valoare la ambele talere ale balanței, relația de mai sus devine:

$$m_Q = m_P. \quad (5)$$

Din relația (5) rezultă că prin operația de cîntărire, efectuată cu ajutorul unei balanțe simple cu brațele egale, se determină egalitatea a două mase din egalitatea greutăților lor, deoarece influența accelerației gravitației g se elimină, operația fiind executată în ace-

lași loc¹. Masa unui corp rămîne neschimbată în orice punct de pe suprafața globului pămîntesc.

Se menționează că operația de cîntărire descrisă mai sus constituie un caz particular, deoarece, pentru ușurința înțelegerii, s-a presupus că, prin adăugarea greutăților P , pîrghia balanței este adusă în poziția normală de echilibru. De cele mai multe ori, pîrghia balanței rămîne în echilibru într-o poziție înclinată, apropiată de poziția normală de echilibru. Acest caz va fi discutat în cele ce urmează.

După cum s-a arătat, basculele au două sau mai multe pîrghii, iar forța provenită de la greutatea corpului de cîntărit este redusă de pîrghiile de sarcină și transmisă la pîrghia de echilibrare. Operația de cîntărire este realizată prin stabilirea egalității momentului forței (reduse), determinată de obiectul cîntărit față de axa de oscilație a pîrghiei de echilibrare, cu momentul unei alte forțe, care lucrează pe aceeași pîrghie, forță generată de greutatea unui corp de masă determinată, denumit *cursorul de echilibrare*.

Se poate trage concluzia că, la aparatele de cîntărit cu pîrghii, masa unui corp se determină prin compararea greutății corpului respectiv cu greutatea altor corpuri de referință. Acest fapt a contribuit și el la confuzia ce se manifestă în înțelegerea diferenței dintre noțiunile de masă și greutate a corpurilor.

La aparatul de cîntărit fără pîrghii, greutatea corpului produce modificări ale elementelor de măsurare ale aparatului: deformarea elementului elastic la aparatele cu element elastic, creșterea presiunii în sistemul hidraulic la aparatele hidraulice etc. care sînt transmise dispozitivului de indicare; aceste modificări sînt proporționale cu greutatea corpului de cîntărit. Indicațiile acestor aparate sînt date în unități de masă, cu toate că acestea măsoară direct greutatea corpurilor. La efectuarea unor cîntăriri de precizie cu aceste aparate (la anumite balanțe de torsiune, spre exemplu), trebuie să se țină seama însă de influența accelerației gravitaționale a locului de măsurare și de forța arhimediană, dacă acestea afectează semnificația rezultatelor măsurărilor. Aparatele de cîntărit fără pîrghii sînt gradate (etalonate) cu mase etalon.

Pentru efectuarea cîntăririi, la unele aparate de cîntărit cu pîrghii sînt necesare măsuri de masă, spre exemplu, la balanța simplă, la balanța compusă, la balanțe semiautomate pe intervalele de măsurare care depășesc limita maximă a scării gradate. Aparatele de cîntărit fără pîrghii nu necesită măsuri de masă pentru efectuarea cîntăririi.

¹ Se precizează că relația 5 este riguros valabilă fie atunci cînd se face cîntărirea în vid, fie în cazul în care cîntărirea se face în aer însă corpurile Q și P au aceeași densitate.

Verificarea cunoștințelor

1. Ce se înțelege prin masa unui corp?
2. Ce fel de mărime este masa:
 - Constantă?
 - Variabilă?
3. Ce se înțelege prin greutatea unui corp?
4. Ce fel de mărime este greutatea:
 - Constantă?
 - Variabilă?
5. Care este unitatea de măsură pentru masă în Sistemul Internațional de Unități și cum se definește?
6. Care este unitatea de măsură pentru greutate în Sistemul Internațional:
 - Dyna?
 - Newton?
 - Kilogramul-forță?
7. Ce mărime fizică se determină atunci cînd se efectuează cîntărirea unui corp cu o balanță simplă:
 - Greutatea?
 - Masa?

CAPITOLUL II

CARACTERISTICILE APARATELOR DE CÎNTĂRIT

A. NOȚIUNI GENERALE

Orice aparat de cîntărit, indiferent de principiul său de funcționare sau de destinația sa, poate fi tratat ca o *cutie neagră*, reprezentată sub forma unui dreptunghi (fig. I.2). Adjectivul negru subliniază faptul că se face abstracție de soluțiile concrete care stau la baza construcției aparatului. Atunci cînd se va prezenta descrierea detaliată a unui număr mare de aparate, practic se poate spune că această cutie va fi luminată, adică se vor evidenția principiile de funcționare și soluțiile constructive prin intermediul cărora acestea se realizează.

Funcționarea unei astfel de cutii poate fi descrisă prin intermediul *caracteristicii de convertire*, adică prin relația funcțională dintre X_i -

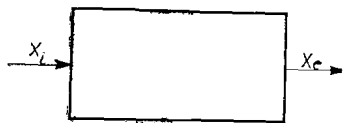


Fig. I.2. Schema bloc a aparatului de cîntărit.

STAS 2872—74), iar mărimea de ieșire va putea fi, după caz, deplasarea unui ac indicator sau a unui spot luminos în dreptul unei scări gradate, un anumit grupaj de cifre în cazul indicației numerice etc.

În figura I.3 sînt prezentate grafic o serie de realizări posibile ale unor caracteristici de convertire. La majoritatea aparatelor de cîntărit, caracteristica de convertire este o funcție liniară 1, dar există și cazuri cînd poate avea o alură neliniară 2.

Caracteristicile principale ale aparatelor de cîntărit se clasifică în două categorii:

- caracteristici metrologice:
- caracteristici funcționale.

Din prima categorie fac parte: sensibilitatea, pragul de sensibilitate, justețea, fidelitatea, stabilitatea față de efectele factorilor de influență și clasa de precizie.

Caracteristicile funcționale cuprind: intervalul de cîntărire, limita maximă, respectiv minimă de cîntărire, timpul de răspuns, cadența de măsurare, capacitatea de suprasarcină, fiabilitatea metrologică.

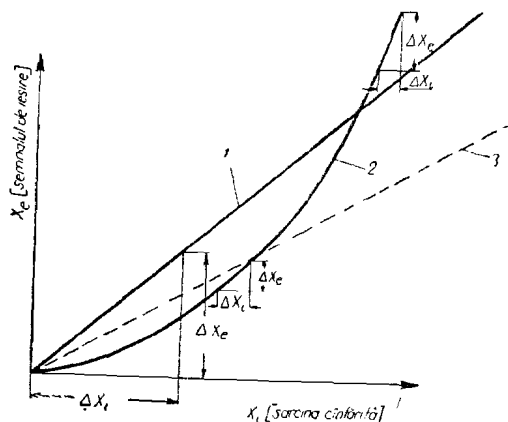


Fig. I.3. Caracteristica de convertire a aparatului de cîntărit.

1. Sensibilitatea

Sensibilitatea unui aparat de cîntărit este caracteristica metrologică ce exprimă raportul dintre variația mărării de ieșire și variația mărării de intrare care o produce.

Adică:

$$S = \frac{\Delta X_e}{\Delta X_i}, \quad (6)$$

în care:

S este sensibilitatea aparatului;

ΔX_i — variația măsurandului;

ΔX_e — variația mărării de ieșire a aparatului produsă de aplicarea lui ΔX_i .

De exemplu: pe talerul de sarcină a unei balanțe semiautomate se aplică o masă etalon de 100 g, înregistrîndu-se o deviere a acului indicator de 20 de diviziuni. Se întreabă care este sensibilitatea unei asemenea balanțe?

$$S = \frac{20}{100} = 0,2 \text{ div/g.}$$

Dacă caracteristica de convertire este liniară (fig. I.3), atunci pe întregul interval în care se pot face măsurări sensibilitatea este aceeași. De fapt, în acest caz, sensibilitatea nu este altceva decît coeficientul unghiular al caracteristicii de convertire. Cu cît un aparat este mai sensibil, adică are o sensibilitate mai ridicată, cu atît panta caracteristicii de convertire este mai abruptă și invers, cu cît sensibilitatea este mai scăzută, cu atît panta aceleiași caracteristici este mai lină.

În general se cere ca aparatul de cîntărit să aibă o sensibilitate ridicată.

În cazul în care caracteristica de convertire este neliniară, sensibilitatea nu poate fi definită decît specificînd concomitent punctul de pe scară pentru care ea a fost determinată. Într-adevăr, pentru cea de-a doua curbă din figura I.3 se observă că sensibilitatea are valori diferite pentru fiecare valoare a sarcinii cîntărite.

Deseori, în aplicații, este necesară folosirea unei mărări care reprezintă inversul sensibilității. Această mărare poartă denumirea de *valoarea diviziunii*. Astfel, pentru exemplul numeric discutat mai sus rezulta că:

$$d = \frac{\Delta X_i}{\Delta X_e} = \frac{100}{20} = 5 \text{ g/div,}$$

unde d este valoarea diviziunii.

După cum se va vedea, sensibilitatea constituie o caracteristică metrologică principală a tuturor aparatelor de cîntărit. Pentru a putea folosi corect o balanță și, în deosebi, pentru a putea verifica dacă sensibilitatea acesteia corespunde, este necesar să înțelegem bine factorii care determină creșterea, respectiv diminuarea sensibilității.

Această chestiune se pune întrucîtva diferit la fiecare tip de balanță, totuși, o analiză făcută asupra unuia din cele mai vechi,

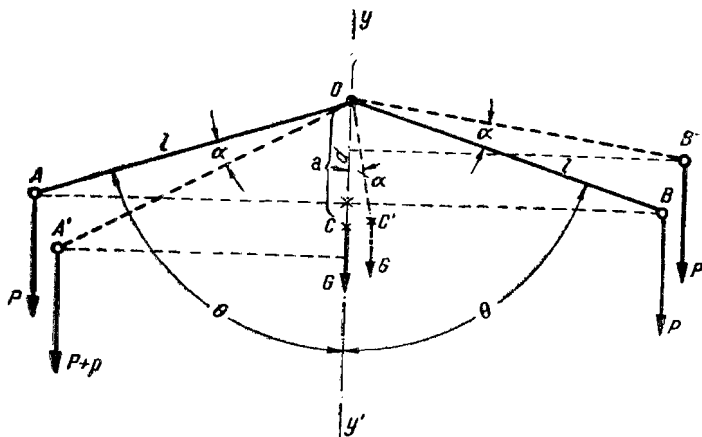


Fig. I.4. Determinarea sensibilității la balanța simplă.

dar în același timp încă și astăzi foarte răspândite tipuri — balanța simplă — ne permite să punem în lumină o serie de concluzii valabile pentru majoritatea balanțelor.

Se consideră deci o pârghie AOB , a unei balanțe simple (fig. I.4), la care:

d este distanța dintre muchia cuțitului central O și linia care unește muchiile cuțitelor marginale A și B .

$OA = OB = b$ — lungimea brațului pârghiei;

$OC = a$ — distanța între O și centrul de greutate G ;

θ — unghiul dintre verticală și fiecare din brațe.

Dacă se adaugă o sarcină p pe talerul din stînga, pârghia se înclină în această parte și, după un oarecare număr de oscilații, ia o nouă poziție de echilibru $A'OB'$,

unde:

$$\angle AOA' = \angle BOB' = \angle COC' = \alpha.$$

Ecuția de echilibru în acest caz este:

$$(P + p) \cdot l \cdot \sin(\theta - \alpha') = G \cdot a \cdot \sin \alpha + P \cdot l \cdot \sin(\theta + \alpha),$$

care dezvoltată devine:

$$\begin{aligned} (P + p) \cdot l \cdot (\sin \theta \cdot \cos \alpha - \sin \alpha \cdot \cos \theta) = \\ = G \cdot a \cdot \sin \theta + P \cdot l \cdot (\sin \theta \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \cos \theta), \end{aligned}$$

adică:

$$p \cdot l \cdot \sin \theta \cdot \cos \alpha = G \cdot a \cdot \sin \alpha + (2 \cdot P + p) l \cdot \sin \alpha \cdot \cos \theta.$$

Împărțind prin $\cos \alpha$ rezultă:

$$p \cdot l \cdot \sin \theta = \operatorname{tg} \alpha [G \cdot a + (2 \cdot P + p) \cdot l \cdot \cos \theta].$$

Neglijînd pe p , care este mic în raport de $2 \cdot P$, se obține expresia:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{p \cdot l \cdot \sin \theta}{2 \cdot P \cdot l \cdot \cos \theta + G \cdot a}, \quad (7)$$

în care: $l \cdot \cos \theta$ este proiecția brațelor de pîrghie pe verticală (fig. I.5) care trece prin O și reprezintă distanța pe verticală d dintre planul cuțitelor extreme și muchia cuțitului central. Această mărime joacă un rol important în studiul sensibilității.

În mod obișnuit, unghiul θ este foarte apropiat de 90° , astfel că se poate asimila $\sin \theta = 1$; în acest caz, formula (7) devine:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{p \cdot l}{2 \cdot P \cdot d + G \cdot a}, \quad (8)$$

dacă α este foarte mic, atunci se poate considera $\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$ și, ținînd seama de relația (6), relația care dă sensibilitatea balanței examinate va fi:

$$S = \frac{l}{2 \cdot P \cdot d + G \cdot a}. \quad (9)$$

a. **Discuția relației (9)** Ținînd seama de poziția muchiilor cuțitelor, prezintă interes trei cazuri (fig. I.6); cînd cuțitele sînt în același plan, (fig. I.6a) în formă de acoperiș (fig. I.6b) și în formă de V (fig. I.6, c).

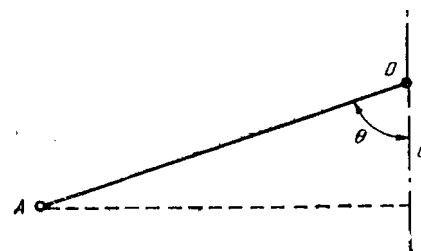


Fig. I.5. Distanța dintre muchiile cuțitelor.

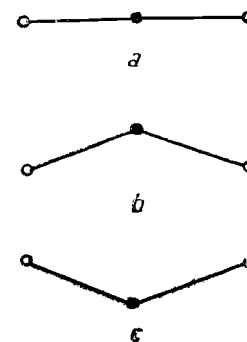


Fig. I.6. Cuțite dispuse:
a — în linie dreaptă; b — în formă de acoperiș; c — în formă de V.

Muchiile cuțitelor în același plan (fig. I.6, a) reprezintă situația ideală și, în acest caz, $d = 0$, iar relația (9) devine:

$$S = \frac{l}{G \cdot a}.$$

Cum P nu mai apare în formulă, rezultă că sensibilitatea este, în acest caz, independentă de sarcinile așezate pe talere.

Muchiile cuțitelor situate în formă de acoperiș înseamnă că planul cuțitelor marginale se găsește sub cuțitul central, așa cum se vede în figura I.6, b. În acest caz, d este pozitiv, astfel încât atunci când P crește, numitorul funcției din relația (9) crește, respectiv S scade. În această situație, sensibilitatea scade când sarcina crește.

Acesta este cazul general: pîrghia încărcată se încovoie sub acțiunea sarcinilor ce lucrează pe cuțitele marginale; atunci apare d care devine din ce în ce mai mare, pe măsură ce sarcinile cresc. Variația posibilă a sensibilității, care scade cu sarcina, este reprezentată prin curba I din figura I.7.

Muchiile cuțitelor situate în formă de V înseamnă că planul cuțitelor marginale se găsește deasupra cuțitului (fig. 6, c). În acest caz d va fi negativ. Tot negativ va fi produsul $2 \cdot P \cdot d$. Relația (10) devine:

$$S = \frac{l}{G \cdot a - 2 \cdot P \cdot d}. \quad (10)$$

Cînd P crește, numitorul ecuației (10) scade, astfel încît S crește. În acest caz, sensibilitatea crește cu sarcina.

În realitate fenomenul este mai complicat, deoarece, o dată cu încărcarea talerelor, pîrghia se încovoie din ce în ce mai mult, iar la un moment dat muchiile cuțitelor ajung să fie în același plan ($d = 0$).

Continuînd cu încărcarea talerelor, pîrghia se încovoie și mai mult, muchiile cuțitelor ajungînd în formă de acoperiș ($d > 0$) cînd, după cum am văzut, sensibilitatea începe să descrească.

În acest caz, variația sensibilității cu sarcina este reprezentată prin curba II din figura I.7. Curba sensibilității unei balanțe moderne trebuie să fie de acest tip, deoarece numai

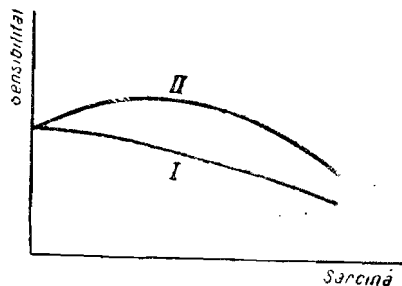


Fig. I.7. Reprezentarea grafică a sensibilității balanței în funcție de sarcina cîntărită.

astfel se poate asigura o sensibilitate aproximativ constantă la diferite sarcini.

b. **Influența lungimii l a brațului pîrghiei.** Se discută cazul cînd muchiile cuțitelor sînt în același plan, atunci:

$$S = \frac{l}{G \cdot a}. \quad (11)$$

Deci, sensibilitatea este cu atît mai mare cu cît lungimea unui braț al pîrghiei este mai mare și cu cît masa pîrghiei și distanța dintre centrul de greutate și axă sînt mai mici. Cu cît un braț este mai lung, cu atît are însă o încovoiere mai mare. Se ajunge la cazul cînd muchiile cuțitelor sînt în formă de acoperiș, cînd după cum s-a văzut sensibilitatea descrește cu sarcina.

Se demonstrează că dacă înălțimea h a secțiunii pîrghiei în dreptul muchiei cuțitului central este mare, sensibilitatea balanței nu mai depinde de lungimea brațelor de pîrghie.

În consecință, pentru ca încovoierea pîrghiei să fie cît mai redusă, se construiesc balanțe cu brațe cît mai scurte posibil, lungimea l fiind limitată de așezarea talerelor cu cît mai mare. La balanțele de precizie moderne, lungimea pîrghiei nu depășește 150 mm la aparatele cu limita maximă de cîntărire de 200 g și 250 mm pentru limita maximă de cîntărire 1 kg.

c. **Influența greutății (G).** Din relația (9) reiese că pentru o lungime dată este avantajos să se micșoreze greutatea, respectiv masa pîrghiei. În acest scop, la cele mai multe balanțe simple se fac decupări în pîrghie.

Însă micșorarea masei pîrghiei este limitată de necesitatea de a se asigura rezistența pîrghiei, care trebuie să fie suficientă pentru ca încovoierile să fie mici.

d. **Influența mărimii a** — distanța de la centrul de greutate la muchia cuțitului central. Tot din relația (10) rezultă că sensibilitatea crește cînd valoarea lui a descrește. În acest sens este avantajos să se apropie cît mai mult centrul de greutate de muchia cuțitului central, manipulîndu-se în acest scop dispozitivele de reglare, cu care este înzestrată orice balanță de precizie.

Dacă însă a devine prea mic, atunci $G \cdot a$ devine neglijabil față de $2 \cdot P \cdot d$, iar sensibilitatea tinde să fie invers proporțională cu sarcina.

Pe de altă parte, pîrghia unei balanțe poate fi considerată un pendul fizic care poate oscila cu perioada de oscilație dată de relația:

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{I}{g}}, \quad (12)$$

unde: L este lungimea pendulului simplu, sincron cu pendulul fizic și are valoarea:

$$L = a + \frac{k^2}{a}, \quad (13)$$

k fiind raza de girație. În relația (13), valoarea lui a este neglijabilă față de aceea a lui k^2/a .

Înlocuind pe L în relația (12), se obține:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{k^2}{a \cdot g}},$$

de unde se deduce că dacă a fiind foarte mic, perioada oscilației T va fi foarte mare. Deci trebuie să se aștepte mult timp pînă ce balanța ia poziția de echilibru, astfel încît operația de cîntărire ajunge la durate inacceptabile. Din această cauză, la aparatele uzuale de cîntărit a este de cîțiva milimetri.

e. Influența calității cuțitelor. Cuțitele tocite, ruginite, știrbite, sparte etc. scad sensibilitatea balanței. Pentru a ilustra aceasta, se reprezintă exagerat uzura unui cuțit central (fig. I.8), care se sprijină pe perniță printr-o suprafață foarte mare. Dacă se adaugă o mică greutate pe talerul stîng, atunci rezultanta R a forțelor care lucrează pe cele două cuțite marginale se va muta spre stînga. Dacă punctul de aplicație al rezultantei se va găsi în interiorul bazei de susținere a cuțitului, pîrghia balanței nu se va înclina.

Practica a demonstrat că sensibilitatea unei balanțe, depinde în cea mai mare măsură de calitatea cuțitelor.

La unele balanțe simple se trasează o curbă a valorii diviziunii funcție de sarcina de încărcare (fig. I.9). Această curbă servește la

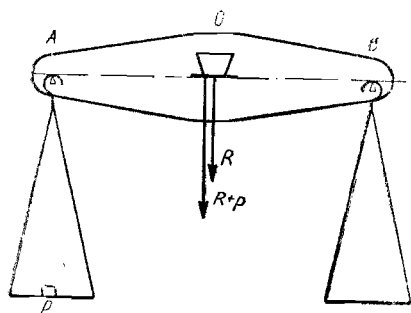


Fig. I.8. Influența calității cuțitelor la balanța simplă.

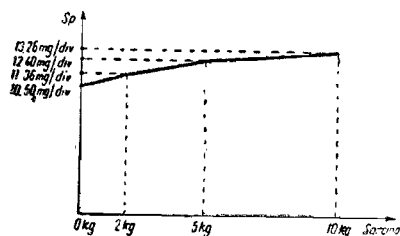


Fig. I.9. Reprezentarea grafică a variației valorii diviziunii în funcție de sarcina de încărcare.

lucrările de comparație a maselor etalon și de lucru. La curba valorii diviziunii prezentată în figura I.9 se remarcă faptul că, din cauza încovoierii pîrghiei, valoarea acestei caracteristici crește cu sarcina, invers decît la curba I din figura I.7.

La alte aparate de cîntărit, care nu au scară gradată în unități de masă, valoarea diviziunii se consideră a fi sarcina care deplasează arătătorul mobil față de cel fix cu un anumit număr de milimetri, stabilit în funcție de clasa de precizie a aparatului.

Trebuie menționat faptul că valorile diviziunii pe care trebuie să le realizeze diferite aparate de cîntărit ce se utilizează la noi în țară sînt stabilite prin standarde și instrucțiuni de verificare, elaborate de Institutul național de metrologie.

Totodată trebuie subliniat faptul că la toate aparatele de cîntărit prevăzute cu scară gradată (adică cu scări pe care este indicată, prin construcție, valoarea diviziunii), se produce în timp, datorită fenomenelor de uzură, îmbătrînire sau dereglare, o modificare a pantei și, mai rar, a alurii caracteristicii de conversie. O asemenea situație (v. fig. I.3 reperul 3) are drept consecință atît modificarea sensibilității aparatului cît și a valorii diviziunii. Întrucît aceste modificări nu devin cunoscute decît cu ocazia verificării aparatului de cîntărit, rezultă că în întreaga perioadă în care se utilizează aparatul cu sensibilitatea modificată față de valoarea inițială se comit erori. Aceste erori, datorită cauzei care le generează, sînt denumite *erori de sensibilitate*.

Erori de sensibilitate apar și la aparatele de cîntărit fără scară gradată. Dar, întrucît la acestea de regulă valoarea diviziunii se determină experimental înaintea unor serii de cîntăriri, șansele ca în perioada scurtă cît durează o serie de cîntăriri să se producă o modificare a sensibilității sînt mult mai reduse.

2. Pragul de sensibilitate

Aparatele de cîntărit se caracterizează și printr-o altă caracteristică strîns legată de sensibilitate, și anume *pragul de sensibilitate*.

Pragul de sensibilitate este definit ca: *cea mai mică valoare a sarcinii de cîntărit care determină o variație distinct sesizabilă a mărimumi de ieșire* (STAS 2810—69).

Aplicarea practică a acestei definiții necesită unele precizări suplimentare în ceea ce privește *variația distinct sesizabilă a mărimumi de ieșire*. Primitori ai informațiilor de măsurare obținute în urma cîntărilor pot fi atît mașinile, mai precis dispozitivele automate, cît și (acest lucru se întîmplă cel mai des) operatorii umani.

Dacă în cazul dispozitivelor automate variația distinct sesizabilă poate fi univoc explicată ca acea valoare a semnalului de ieșire care declanșează o acțiune corespunzătoare a dispozitivului, nu este aceeași situație cu operatorii umani. Unii operatori pot sesiza corect o variație egală cu o zecime din lungimea celei mai mici diviziuni de pe scara gradată, alții, doar o cincime. Datorită acestui fapt, în norme și instrucțiuni s-a convenit ca pentru determinarea pragului de sensibilitate să se indice valoarea semnalului de ieșire pe care trebuie să o producă o sarcină de cântărit foarte mică. De exemplu, în cazul aparatelor cu echilibrare automată sau semiautomată și indicare continuă, verificarea pragului de sensibilitate se face astfel: se așază, fără șocuri, pe aparatul echilibrat, atât la gol cât și în sarcină, o masă egală cu eroarea tolerată pentru aparatul respectiv. Aceasta trebuie să provoace o deplasare a indicatorului egală cu cel puțin 0,7 din valoarea acestei suprasarcini.

3. Justețea

Se presupune că se execută câte o serie de determinări cu trei aparate de cântărit asupra aceluiași măsurand (obiect). Diferența dintre rezultatul măsurării și valoarea adevărată a măsurandului (mărimii cântărite) poartă denumirea de *eroare de măsurare* (STAS 2872—74).

$$E = X - X_0,$$

în care:

- E este eroarea de măsurare;
- X — valoarea exprimată de rezultatul măsurării (cântăririi);
- X_0 — valoarea măsurandului, mai precis valoarea adevărată a masei obiectului cântărit.

Dacă rezultatele erorilor individuale obținute în cele trei serii de determinări se reprezintă grafic, folosind pentru aceasta figuri de tipul celor utilizate la panourile de tragere la țintă, în anumite cazuri particulare pot rezulta imaginile prezentate în figura I.10. Distanța fiecărui punct marcat cu (+) față de centrul țintei reprezintă, la o anumită scară, mărimea erorii respective. Punctul care trece prin centrul țintei corespunde unei erori egale cu zero.

După cum se observă, cele trei imagini, fiecare corespunzând unui anumit aparat, diferă esențial în privința a două caracteristici:

- centrul de grupare al erorilor;
- împrăștierea erorilor în jurul centrului de grupare.

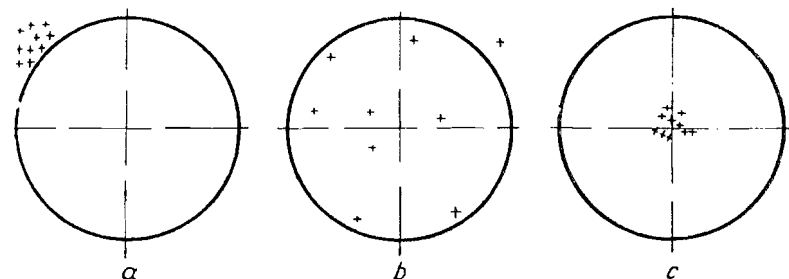


Fig. I.10. Analogia dintre erorile de măsurare și trasul la țintă.

În primul caz (fig. I.10, a), erorile sînt strîns grupate, însă centrul de grupare este distanțat față de centrul țintei. În cel de-al doilea caz (fig. I.10, b) se poate afirma, ceea ce este mai greu sesizabil, că centrul de grupare coincide practic cu centrul țintei, însă avem de-a face cu o împrăștiere mult mai mare în raport cu primul caz. În sfîrșit, în cel de al treilea caz (fig. I.10, c), împrăștierea este mică și suplimentar și centrul de grupare se suprapune practic cu centrul țintei.

Aceste exemple demonstrează că este necesar ca orice aparat de măsurat, și de la această regulă nu fac excepție nici aparatele de cântărit, să fie caracterizat în privința erorilor prin cel puțin două caracteristici distincte.

Justețea, definită drept caracteristică metrologică a unui mijloc de măsurat (aparat de cântărit), exprimă calitatea acestuia în ceea ce privește *gradul de afectare a rezultatelor măsurărilor cu erori sistematice* (STAS 2810—69).

Eroarea de justețe se determină ca suma algebrică a erorilor sistematice, care în condiții determinate afectează valoarea rezultatului măsurării furnizat de un mijloc de măsurat.

Aplicarea acestei definiții necesită explicarea noțiunii de *eroare sistematică*. Eroarea sistematică este acea eroare care rămîne constantă, atât ca valoare absolută cît și ca semn, atunci cînd se măsoară repetat același măsurand, în condiții practic identice, sau care variază pe baza unei legi definite, cînd condițiile se modifică.

De exemplu, rezultă o eroare sistematică tipică atunci cînd se cântărește cu ajutorul unei balanțe cu brațe egale și se utilizează o masă etalon a cărei valoare se consideră egală cu 1 kg, atunci cînd în realitate ea este de 1,009 kg, sau atunci cînd brațele balanței sînt de lungimi diferite sau, în fine, atunci cînd la un aparat de cântărit cu scară gradată, din anumite motive, scara s-ar deplasa față de poziția

inițială. Toate cauzele de acest fel generează erori care rămân practic constante, indiferent de câte ori se repetă cântărirea condițiile rămânând neschimbate.

Din punctul de vedere al imaginilor prezentate în figura I.10, aceste cauze determină deplasarea centrului de grupare al erorilor față de centrul țintei.

Ca și în cazul sensibilității, este important să fie analizați *factorii care determină justețea* unui aparat de cântărit. Pentru ca un aparat de cântărit să fie just este necesar ca între brațele de pîrghie ale aparatului să existe un raport bine determinat. La toate balanțele simple cu brațe egale, între cele două brațe de pîrghie trebuie să existe raportul 1/1. La basculele care au brațele neegale, între lungimile brațelor de pîrghie trebuie să existe un raport bine determinat (de exemplu 1/2, 1/5, 1/10 etc.), adică cel prescris de construcția basculei respective.

Se consideră cazul balanței simple cu brațele egale, cu pîrghia reprezentată schematic prin linia AOB (fig. I.11). Lungimile celor două brațe de pîrghie OA și OB se înseamnă cu l și l' , iar balanța este în poziție normală de echilibru, talerele ei fiind neîncărcate. Punînd pe talere două mase egale, ele exercită asupra cuțitelor marginale A și B ale pîrghiei forțele verticale P și Q egale cu greutatea lor și egale între ele. Pentru ca echilibrul balanței să nu fie modificat, trebuie ca momentele în raport cu axa O ale celor două forțe P și Q să fie egale, adică :

$$P \cdot l = Q \cdot l'. \quad (14)$$

Cum $P = Q$, rezultă că o balanță va fi justă atunci cînd $l = l'$, adică cînd brațele de pîrghie sînt egale.

De această condiție trebuie să țină seama constructorii pentru a realiza balanțe care să îndeplinească condiția de justețe. Egalitatea perfectă a brațelor de pîrghie nu poate fi însă niciodată realizată riguros.

În relația (14), înlocuind pe P și Q cu $m_P \cdot g$ și $m_Q \cdot g$, conform relației (4) și simplificînd cu g se obține :

$$m_P \cdot l = m_Q \cdot l'. \quad (15)$$

Dacă se scade $m_P \cdot l'$ din fiecare membru al relației, rezultă :

$$m_P \cdot l - m_P \cdot l' = m_Q \cdot l' - m_P \cdot l',$$

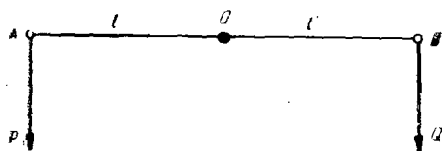


Fig. I.11. Justețea la balanța simplă.

sau

$$m_P(l - l') = l'(m_Q - m_P),$$

care se poate scrie sub formă de proporție astfel :

$$\frac{l - l'}{l'} = \frac{m_Q - m_P}{m_P}. \quad (16)$$

De aici rezultă că diferența relativă a celor două brațe de pîrghie este egală cu eroarea relativă* a masei m_Q cântărite.

Dacă este nevoie să se facă cântăriri foarte precise, de exemplu 500 g, cu o eroare care să nu depășească 0,1 mg, trebuie ca :

$$\frac{m_Q - m_P}{m_P} = \frac{0,0001}{500} = \frac{1}{5\,000\,000};$$

deci, diferența relativă între cele două brațe ale pîrghiei trebuie să fie :

$$\frac{l - l'}{l'} = \frac{1}{5\,000\,000}.$$

Dacă unul din brațe este de 200 mm, atunci :

$$\frac{l - l'}{200} = \frac{1}{5\,000\,000},$$

sau :

$$l - l' = \frac{200}{5\,000\,000} = 0,00004 \text{ mm.}$$

Între cele două brațe de pîrghie nu trebuie să existe o diferență mai mare de 0,04 μm . Această condiție nu poate fi însă realizată practic. Dealtfel, este suficientă o diferență de temperatură de 0,05°C între cele două brațe, pentru a se produce o diferență de lungime între ele de 0,04 μm . Chiar dacă temperatura brațelor ar fi uniformă, totuși variațiile de temperatură în cursul unei zile sau de la o zi la alta pot modifica poziția de echilibru a balanței, pentru că un aliaj nu este niciodată perfect omogen și deci cele două brațe pot întotdeauna prezenta ușoare inegalități de dilatație.

Pentru a elimina eroarea de justețe, chiar la o balanță de precizie, cântăririle trebuie să fie executate printr-o metodă care să elimine influența inegalității brațelor, adică printr-o *metodă de dublă cântărire*.

* Eroarea relativă a unei cântăriri este eroarea cântăriri raportată la masa cântărită.

O balanță tehnică obișnuită nu mai este însă în aceeași situație. Cu o astfel de balanță se cântărește de exemplu 1 kg cu o eroare de 2 g.

Se poate deci scrie:

$$\frac{m_Q - m_P}{m_P} = \frac{2}{1\,000} = \frac{1}{500}.$$

Dacă lungimea brațelor de pîrghie este de 200 mm, între ele nu trebuie să existe o diferență mai mare de $\frac{200}{500} = 0,4$ mm, ceea ce este posibil de realizat. De aceea, la balanțele obișnuite se poate cântări prin metoda simplei cântăriri, adică așezînd pe un taler al balanței corpul de cântărit, iar pe celălalt, greutatea de lucru.

Ținînd seama de faptul că pîrghiile aparatelor de cântărit nu pot fi astfel construite încît între lungimile brațelor să existe exact raportul stabilit, standardele și instrucțiunile de verificare admit ca aceste aparate să poată funcționa cu anumite erori tolerate de justete.

4. Fidelitatea

Fidelitatea se definește drept *caracteristică metrologică a unui mijloc de măsurat care exprimă calitatea acestuia în ceea ce privește gradul de afectare a rezultatelor măsurilor cu erori întîmplătoare* (STAS 2810—69).

Eroarea de fidelitate se determină ca *rezultanta erorilor întîmplătoare, care în condiții determinate afectează valoarea măsurandului furnizată de un mijloc de măsurat*.

Eroarea întîmplătoare este acea eroare care variază neprevăzută atît ca valoare absolută cît și ca semn, atunci cînd se măsoară repetat același măsurand în condiții practic identice. Cauzele erorilor întîmplătoare sînt jocurile în părțile mobile ale aparatelor de cântărit, variația întîmplătoare și necontrolabilă a caracteristicilor unor materiale din care sînt construite aparatele și altele.

Pentru caracterizarea unui aparat, din punctul de vedere al erorilor de fidelitate, trebuie utilizate caracteristici statistice care să exprime gradul de împrăstiere al erorilor în jurul centrului de grupare. Un aparat de cântărit este mai fidel atunci cînd are o eroare de fidelitate mai mică, respectiv cînd erorile sînt mai concentrate în jurul centrului de grupare.

Eroarea de fidelitate se exprimă cantitativ prin măsuri statistice ale împrăstierii.

În acest scop se folosesc, de regulă, unul din următorii doi indicatori de măsură ai împrăstierii: *amplitudinea sau eroarea medie pătratică*.

Amplitudinea (R) este diferența dintre cea mai mare (E_{max}) și cea mai mică (E_{min}) valoare a erorilor individuale dintr-o serie de măsurări efectuate asupra aceluiași măsurand:

$$R = E_{max} - E_{min}.$$

Eroarea medie pătratică (S) sau eroarea standard este rădăcina pătrată din media aritmetică a pătratelor abaterii erorilor individuale față de eroarea de justete, adică față de valoarea medie a erorilor.

$$S[E] = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (E_i - \bar{E})^2}{N - 1}}, \quad (17)$$

în care N este numărul determinărilor.

$$\bar{E} = M[E] = \frac{1}{N} (E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (E_i)$$

media aritmetică a erorilor (E_i) care reprezintă totodată o măsură a erorii de justete.

În această relație se mediază pătratele abaterilor și nu abaterile în sine, deoarece în cazul unei repartiții simetrice suma abaterilor este de regulă egală cu zero. În cele ce urmează, pentru prescurtare, în locul notației $S[E]$ se va utiliza, cu aceeași semnificație, simbolul S_E sau chiar S cînd acest lucru nu poate da naștere la confuzii.

✕ Fidelitatea unui aparat de cântărit depinde de modul în care au fost executate și montate piesele aparatului, precum și de frecarea între cuțite și pernițe în timpul oscilației.

a. **Execuția pieselor componente ale aparatelor de cântărit.** La confecționarea pieselor componente trebuie să se acorde o atenție deosebită:

- cuțitelor și pernițelor, care formează articulațiile acestor aparate;

- plăcuțelor limitatoare, care au rolul de a limita deplasarea cuțitelor pe pernițe și a pernițelor pe cuțite.

Materialele utilizate pentru execuția acestor piese, calitatea suprafețelor, duritatea, unghiul fețelor active trebuie să îndeplinească condițiile cuprinse în instrucțiunile de verificare pentru aparatul de

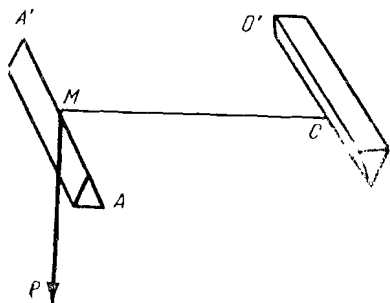


Fig. I.12. Fidelitatea la balanța simplă.

cîntărit respectiv, precum și pe acelea din documentația tehnică de execuție.

b. Montarea corectă a pieselor componente. Condiția esențială pentru fidelitatea unui aparat de cîntărit este paralelismul cuțitelor. Se consideră brațul stîng al pîrghiei unei balanțe simple (fig. I.12), reprezentat prin cuțitul marginal din stînga AA' și cuțitul central OO' . Forța P este rezultanta forțelor ce se exercită pe muchia cuțitului marginal, și anume greutatea talerului stîng și a corpului

cu care acesta este încărcat. Forța P are punctul de aplicație în punctul M de pe muchia cuțitului AA' . Se duce perpendiculara CM , care pentru simplificare se presupune a fi orizontală. Momentul forței P în raport cu muchia cuțitului CO' (axa de oscilație a pîrghiei) este :

$$M = P \cdot CM.$$

Acest moment trebuie să-și păstreze întotdeauna aceeași valoare, pentru o valoare dată a forței P ; deci, brațul de pîrghie CM să rămînă același într-o serie de cîntăriri succesive. De asemenea, muchiile cuțitelor trebuie să fie foarte fine, pentru ca acest braț de pîrghie să fie bine definit.

Rezultă că lungimea CM nu trebuie să varieze atunci cînd P se deplasează de-a lungul muchiei cuțitului AA' , ceea ce înseamnă că muchiile cuțitelor central și marginal trebuie să fie riguros paralele.

Cuțitele sînt reglate la paralelism prin încărcarea pe cuțitele marginale a două greutăți cu cîrlige, de masă egală. Deplasarea acestor greutăți de-a lungul muchiilor cuțitelor marginale nu trebuie să influențeze asupra poziției de echilibru a balanței.

De asemenea, este necesar ca muchiile cuțitelor să fie perpendiculare pe fața pîrghiei la care sînt montate, căci altfel între cuțite și pernițe se poate ivi frecarea de alunecare.

Cuțitele aparatelor de cîntărit trebuie să fie fixate la pîrghii, deoarece astfel lungimile brațelor de pîrghie vor fi bine definite și, prin urmare, momentele forțelor aplicate pe aceste brațe vor fi constante.

Piulițele moletate de la balanțele simple trebuie să se deplaseze pe tijele lor filetate cu oarecare fricțiune, pentru a nu se deplasa sub influența oscilațiilor și a trepidațiilor, schimbînd astfel centrul de greutate al pîrghiei.

c. **Frecarea dintre cuțite și pernițe** este un alt factor care influențează fidelitatea aparatelor de cîntărit. În mecanică există două feluri de frecări: frecarea de alunecare și frecarea de rostogolire, ultima fiind, de regulă, mai mică decît prima. Între cuțite și pernițe se produce frecarea de rostogolire. Dacă muchiile cuțitelor sînt bine ascuțite, rectilinii și perpendiculare pe planul de oscilație al pîrghiei respective, frecarea între cuțite și pernițe este foarte mică și influențează puțin fidelitatea aparatului. Dacă muchiile cuțitelor nu sînt perpendiculare pe planul de oscilație și nu sînt rectilinii, atunci frecarea de rostogolire va fi însoțită de frecarea de alunecare a cuțitelor pe pernițe și, în acest caz, frecarea totală va fi mărită, astfel încît aparatul scos din poziția de echilibru nu va mai reveni în aceeași poziție.

5. Clasele de precizie, erorile tolerate și factorii de influență

a. **Clasele de precizie.** După cum s-a arătat, nu toate aparatele de cîntărit au caracteristici metrologice identice. Numai în anumite cazuri este necesar să se măsoare cu o precizie ridicată (eroare mică), fiind justificată utilizarea unor aparate de cîntărit costisitoare. În alte cazuri însă este suficient să se utilizeze aparate de cîntărit de precizie medie sau chiar inferioară, mult mai accesibile din punctul de vedere al prețului.

Din aceste motive, toate aparatele de cîntărit se împart în clase de precizie, înțelegînd prin această noțiune un indice numeric convențional ce caracterizează o categorie de aparate de cîntărit cu caracteristici metrologice ce pot fi încadrate în aceleași limite (STAS 2810-69).

Toate aparatele de cîntărit, în funcție de caracteristicile lor, se împart în patru clase de precizie, cu următoarele denumiri și simboluri de identificare :

- precizie specială = clasa 1 cu simbolul $(\overline{\text{I}})$;
- precizie superioară = clasa 2 cu simbolul $(\overline{\text{II}})$;
- precizia medie = clasa 3 cu simbolul $(\overline{\text{III}})$;
- precizie inferioară = clasa 4 cu simbolul $(\overline{\text{III}})$.

Pentru ca un aparat de cîntărit să aparțină unei anumite clase de precizie, valoarea minimă a diviziunilor trebuie să fie egală sau mai mare astfel :

precizie specială — valoarea diviziunii nu se limitează ;

- precizie superioară — valoarea diviziunii = 1 mg;
- precizie medie — valoarea diviziunii = 0,1 g;
- precizie inferioară — valoarea diviziunii = 5 g.

În același timp însă, pentru ca un aparat de cântărit să poată fi încadrat într-o anumită clasă de precizie, el trebuie să aibă un anumit număr de diviziuni reale sau convenționale. Acest aspect va fi explicat în paragraful următor.

b. **Erorile tolerate.** După cum se va arăta în capitolul V, unul din principalele criterii de clasificare a aparatelor de cântărit are în vedere modul de prelucrare a semnalelor provenite de la receptorul de sarcină, respectiv legat de aceasta modul de prezentare a rezultatului cântăririi. Anticipând cele ce se vor prezenta în paragraful respectiv, putem menționa că sub acest aspect aparatele de cântărit se clasifică în:

Aparate analogice, în care semnalul de intrare este utilizat și prelucrat într-o formă continuă, iar semnalul de ieșire se obține sub forma deplasării unui element mobil, de exemplu un ac indicator, în raport cu un reper sau o scară gradată.

Aparate digitale, în care semnalul de intrare este prelucrat într-o formă discontinuă și, drept urmare, devine posibil ca rezultatul cântăririi să se reprezinte sub forma unui grupaj de cifre, adică al unei indicații numerice.

În ceea ce privește aparatele analogice, acestea la rândul lor se clasifică în aparate:

- cu scară gradată;
- fără scară gradată.

Această anticipare a unor criterii de clasificare a aparatelor de cântărit este necesară pentru a putea înțelege modul în care se prescriu erorile tolerate pentru diversele categorii de aparate de cântărit.

Erorile tolerate constituie valori limită ale erorilor admise pentru diversele tipuri de aparate de cântărit, valori stabilite atât prin reglementări internaționale cât și prin prescripții naționale. Ultimele, în țara noastră apar sub formă de Instrucțiuni de verificare, elaborate de Institutul național de metrologie.

Pentru a putea înțelege principiile în baza cărora se stabilesc erorile tolerate, trebuie definite două noțiuni noi:

- d_v — diviziunea de verificare, mărimea convențională prin intermediul căreia se stabilește mărimea erorii tolerate;
- n_v — numărul diviziunilor de verificare, mărime caracteristică fiecărui tip de aparat de cântărit.

În cazul aparatelor analogice de cântărit cu scară gradată, diviziunea de verificare (d_v) este de regulă egală cu valoarea pe care o are în unități de masă cea mai mică diviziune aplicată pe scara gradată (d_a — diviziune analogică), adică avem de a face cu diviziuni reale.

În cazul aparatelor digitale de cântărit, diviziunea de verificare este de regulă egală cu valoarea unei unități din cea mai mică decadă de cifre cu care se afișează rezultatul cântăririi (d_d — diviziune digitală).

În sfârșit, în cazul aparatelor analogice de cântărit fără scară gradată, diviziunea de verificare se determină ca fiind egală cu o diviziune convențională (d_c), care în realitate nu există (este o mărime fictivă) dar a cărei valoare o putem determina ca raportul dintre limita maximă de cântărire a aparatului respectiv și un coeficient numeric dat în funcție de clasa de precizie.

O asemenea reglementare face ca diviziunea de verificare să intervină ca o trăsătură de unire pentru absolut toate categoriile de aparate de cântărit, indiferent de tipul sau clasa de precizie a acestora, adică în toate cazurile:

$$d_v = \begin{cases} d_a \\ d_c \\ d_d \end{cases}$$

Cea de a doua mărime, enumerată mai sus, numărul diviziunilor de verificare (n_v), se determină în general ca raportul dintre limita maximă de cântărire (L_{max}) și valoarea diviziunii de verificare.

Într-o formă sintetică, utilizând aceste două mărimi, ansamblul erorilor tolerate specifice tuturor tipurilor și claselor de precizie de aparate de cântărit este redat prin graficele din figura I.13, respectiv în tabelul I.1.

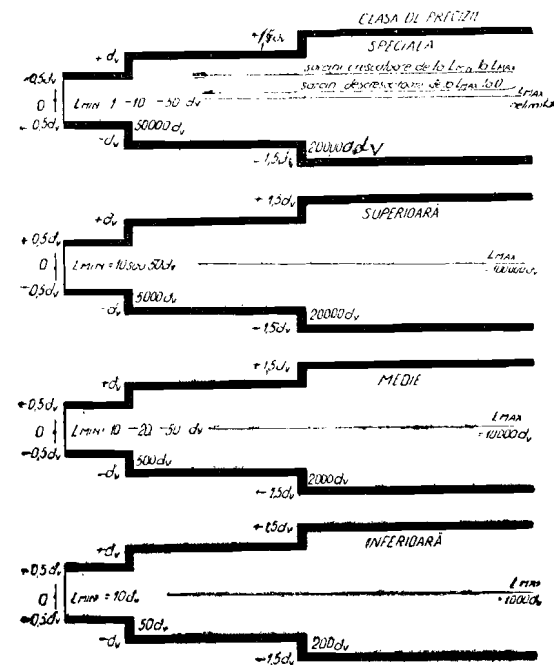


Fig. I.13. Erorile tolerate specifice diferitelor clase de aparate de cântărit la verificarea inițială.

Tabelul 1.1

Erori tolerate ale aparatelor de cîntărit

Clasa de precizie	Erori tolerate la verificarea		Pentru intervalul de cîntărire
	Inițială d_v	Perio- dică d_v	
0	1	2	3
Precizie specială (I)	0,5	1	Pentru sarcini crescătoare cuprinse între limita minimă și inclusiv 50 000 d_v și pentru sarcini descrescătoare cuprinse între 50 000 și 0 d_v .
	1	2	Pentru sarcini cuprinse între exclusiv 50 000 d_v și inclusiv 200 000 d_v .
	1,5	3	Pentru sarcini mai mari de 200 000 d_v .
Precizie superioară (II)	0,5	1	Pentru sarcini crescătoare cuprinse între limita minimă și 5 000 d_v inclusiv și pentru sarcini descrescătoare cuprinse între 5 000 și 0 d_v .
	1	2	Pentru sarcini cuprinse între exclusiv 5 000 d_v și inclusiv 20 000 d_v .
	1,5	3	Pentru sarcini mai mari decît 20 000 d_v .
Precizie medie (III)	0,5	1	Pentru sarcini crescătoare cuprinse între limita minimă și inclusiv 500 d_v și pentru sarcini descrescătoare cuprinse între 500 și 0 d_v .
	1	2	Pentru sarcini cuprinse între exclusiv 500 d_v și inclusiv 2 000 d_v .
	1,5	3	Pentru sarcini mai mari decît 2 000 d_v .
Precizie inferioară (III)	0,5	1	Pentru sarcini crescătoare cuprinse între limita minimă și inclusiv 50 d_v și pentru sarcini descrescătoare cuprinse între 50 și 0 d_v .
	1	2	Pentru sarcini cuprinse între exclusiv 50 d_v și inclusiv 200 d_v .
	1,5	3	Pentru sarcini mai mari decît 200 d_v .

Analiza acestora evidențiază următoarele particularități:

— Pentru toate clasele de precizie, erorile tolerate variază în trepte, în funcție de întinderea intervalului de cîntărire. Astfel, pe o primă porțiune care se întinde de la limita minimă de cîntărire (L_{min}) și pînă la un anumit număr de diviziuni de verificare, care este valabil în funcție de clasa de precizie, eroarea tolerată (E_T) este egală cu $0,5 \times d_v$. Pe a doua porțiune, eroarea tolerată devine egală cu d_v , iar pe a treia cu $1,5 \times d_v$. Aceste erori tolerate se referă la verificările inițiale. La verificările periodice, erorile tolerate se dublează,

adică devin egale cu d_v , $2 d_v$ respectiv $3 d_v$. Se menționează că, la anumite aparate de cîntărit, porțiunea superioară lipsește, întregul interval de cîntărire fiind acoperit de erori tolerate egale cu $0,5 d_v$ și d_v .

— Cu cît avem de a face cu o clasă de precizie mai ridicată, cu atît crește numărul diviziunilor de verificare. Astfel, dacă la clasa de precizie specială numărul diviziunilor de verificare cuprins în intervalul de cîntărire poate fi oricît de mare (nelimitat), în cazul clasei de precizie inferioară acesta poate fi de maximum 1 000.

Tabelul 1.2

Numărul de diviziuni pe clase de precizie a aparatelor de cîntărit fără scară gradată

Clasa de precizie	Limita de maximă cîntărire	Diviziuni convenționale, d_c		
		Număr		Valoarea unei diviziuni
		Minim	Maxim	
Precizie specială (I)	$100 \text{ mg} < L_{max} < 1 \text{ g}$	1 000	10 000	0,1 mg
	$1 \text{ g} < L_{max} < 10 \text{ g}$	10 000		$L_{max}/10 000$
	$10 \text{ g} < L_{max} < 100 \text{ g}$	10 000	100 000	1 mg
	$L_{max} > 100 \text{ g}$	100 000		$L_{max}/100 000$
Precizie superioară (II)	$1 \text{ g} < L_{max} < 5 \text{ g}$	1 000		$L_{max}/1 000$
	$5 \text{ g} < L_{max} < 100 \text{ g}$	1 000	20 000	5 mg
	$L_{max} > 100 \text{ g}$	20 000		$L_{max}/20 000$
	$20 \text{ g} < L_{max} < 100 \text{ g}$	200	1 000	0,1 g
Precizie medie (III)	$100 \text{ g} < L_{max} < 1 \text{ kg}$	1 000		$L_{max}/1 000$
	$1 \text{ kg} < L_{max} < 2 \text{ kg}$	1 000	2 000	1 g
	$L_{max} > 2 \text{ kg}$	2 000		$L_{max}/2 000$
	$1 \text{ kg} < L_{max} < 2 \text{ kg}$	200	400	5 g
Precizie inferioară (III)	$L_{max} > 2 \text{ kg}$	400		$L_{max}/400$

Tabelul I.3

Numărul de diviziuni pe clase de precizie a aparatelor de cântărit cu scară gradată

Clasa de precizie	Valoarea diviziunii d_a , respectiv d_d	Număr diviziuni	
		Minim	Maxim
Precizie specială (I)	$d < 0,01 \text{ mg}$	10	Nelimitat
	$0,01 \text{ mg} \leq d < 1 \text{ mg}$	100	Nelimitat
	$d \geq 1 \text{ mg}$		Nelimitat
Precizie superioară (II)	$1 \text{ mg} \leq d < 10 \text{ mg}$	200	100 000
	$10 \text{ mg} \leq d < 1 \text{ g}$	1 000	100 000
	$d \geq 1 \text{ g}$	5 000	100 000
Precizie medie (III)	$0,1 \text{ g} \leq d \leq 1 \text{ g}$	50 sau 200*	10 000
	$1 \text{ g} < d \leq 5 \text{ g}$	200	10 000
	$5 \text{ g} < d \leq 10 \text{ kg}$	500	10 000
	$d > 10 \text{ kg}$	750	10 000
Precizie inferioară IIII	$5 \text{ g} \leq d \leq 10 \text{ kg}$	100	1 000
	$d > 10 \text{ kg}$	200	1 000

* Se referă la aparatele de cântărit cu scară gradată cu echilibrare neautomată.

În tabela I.2 și I.3 se prezintă numărul minim, respectiv maxim, de diviziuni pe care trebuie să-l aibă aparatele de cântărit pentru a putea corespunde uneia din cele patru clase de precizie.

În tabelele I.4; I.5; I.6 și I.7 se dau pentru cele patru clase de precizie și tipuri de aparate de cântărit enumerate, valorile lui d_a (d_d), d_v , n_v și L_{min} , în funcție de L_{max} .

Tabelul I. 4

Caracteristicile scârilor gradate la aparatele de cântărit de precizie specială

Limita maximă L_{max}	Valoarea diviziunii d_a sau d_d	Număr diviziuni n	Valoarea diviziunii de verificare d_v	Număr diviziuni de verificare n_v	Limita minimă L_{min}
1	2	3	4	5	6
Aparate fără scară gradată					
$100 \text{ mg} \leq L_{max} \leq 1 \text{ g}$	—	—	0,1 mg	$L_{max}/0,1 \text{ mg}$	$10 d_v = 1 \text{ mg}$
$1 \text{ g} < L_{max} < 10 \text{ g}$	—	—	$L_{max}/10 000$	10 000	$50 d_v = L_{max}/200$
$10 \text{ g} \leq L_{max} \leq 100 \text{ g}$	—	—	1 mg	$L_{max}/1 \text{ mg}$	$50 d_v = 50 \text{ mg}$
$100 \text{ g} < L_{max}$	—	—	$L_{max}/100 000$	100 000	$50 d_v = L_{max}/2 000$
Aparate cu scară gradată					
Nu este fixată	$d_a \leq 0,005 \text{ mg}$	$10 \leq n$	d_a	n	d_a
$1 \text{ mg} \leq L_{max}$	$0,01 \text{ mg} \leq d_a \leq 0,05 \text{ mg}$	$100 \leq n$	d_a	n	$10 d_a$
$10 \text{ mg} \leq L_{max}$	$1,1 \text{ mg} \leq d_a \leq 0,5 \text{ mg}$	$100 \leq n$	d_a	n	$50 d_a$
$100 \text{ g} \leq L_{max}$	$1 \text{ mg} \leq d_a$	$100 000 \leq n$	d_a	n	$50 d_a$

Caracteristicile scării gradate la aparatele de cântărit de precizie superioară

Limita maximă L_{max}	Valoarea diviziunii d_a sau d_d	Număr diviziuni n	Valoarea diviziunii de verificare d_v	Număr diviziuni verificare n_v	Limita minimă L_{min}
<i>Aparate fără scară gradată</i>					
$1\text{ g} \leq L_{max} < 5\text{ g}$	—	—	$L_{max}/1\ 000$	1 000	$10\ d_v = L_{max}/100$
$5\text{ g} \leq L_{max} \leq 100\text{ g}$	—	—	5 mg	$L_{max}/5\text{ mg}$	$10\ d_v = 50\text{ mg}$
$100\text{ g} \leq L_{max} \leq 200\text{ g}$	—	—	$L_{max}/20\ 000$	20 000	$10\ d_v = L_{max}/200$
$200\text{ g} < L_{max}$	—	—	$L_{max}/20\ 000$	20 000	$50\ d_v = L_{max}/400$
<i>Aparate cu scară gradată cu echilibrare neautomată</i>					
$1\text{ g} < L_{max} < 50\text{ g}$	$1\text{ mg} \leq d_a \leq 5\text{ mg}$	$200 \leq n \leq 50\ 000$	d_a	n	$10\ d_a$
$10\text{ g} < L_{max} < 50\text{ g}$	$10\text{ mg} \leq d_a \leq 50\text{ mg}$	$1\ 000 \leq n \leq 5\ 000$	5 mg	max/5 mg	$50\ d_a$
$50\text{ g} \leq L_{max} < 500\text{ g}$	$1\text{ mg} \leq d_a \leq 5\text{ mg}$	$100\ 000 \leq n \leq 100\ 000$	d_a	n	$10\ d_a$
$50\text{ g} \leq L_{max} \leq 5\text{ kg}$	$10\text{ mg} \leq d_a \leq 500\text{ mg}$	$1\ 000 \leq n \leq 10\ 000$	$L_{max}/10\ 000$	10 000	$50\ d_a$
$100\text{ g} \leq L_{max} \leq 50\text{ kg}$	$10\text{ mg} \leq d_a \leq 500\text{ mg}$	$10\ 000 \leq n \leq 10\ 000$	d_a	n	$50\ d_a$
$5\text{ kg} \leq L_{max}$	$1\text{ g} \leq d_a$	$5\ 000 \leq n \leq 10\ 000$	$L_{max}/10\ 000$	10 000	$50\ d_a$
$10\text{ kg} \leq L_{max}$	$1\text{ g} \leq d_a$	$10\ 000 \leq n \leq 100\ 000$	d_a	n	$50\ d_a$
<i>Aparate cu scară gradată cu echilibrare semiautomată sau automată</i>					
$1\text{ g} \leq L_{max} < 500\text{ g}$	$1\text{ mg} \leq d_a \leq 5\text{ mg}$	$200 \leq n \leq 100\ 000$	d_a	n	$10\ d_a$
$10\text{ g} \leq L_{max} \leq 50\text{ g}$	$10\text{ mg} \leq d_a \leq 500\text{ mg}$	$1\ 000 \leq n \leq 100\ 000$	d_a	n	$50\ d_a$
$5\text{ kg} \leq L_{max}$	$1\text{ g} \leq d_a$	$5\ 000 \leq n \leq 100\ 000$	d_a	n	$50\ d_a$

Tabelul I. 6

Caracteristicile scării gradate la aparatele de cântărit de precizie medie

Limita maximă L_{max}	Valoarea diviziunii d_a sau d_d	Număr diviziuni n	Valoarea diviziunii de verificare d_v	Număr diviziuni verificare n_v	Limita minimă L_{min}
<i>Aparate fără scară gradată</i>					
$20\text{ g} \leq L_{max} < 100\text{ g}$	—	—	0,1 g	$L_{max}/0,1\text{ g}$	$50\ d_v = 5\text{ g}$
$100\text{ g} \leq L_{max} < 1\text{ kg}$	—	—	$L_{max}/1\ 000$	1 000	$50\ d_v = L_{max}/20$
$1\text{ kg} \leq L_{max} < 2\text{ kg}$	—	—	1 g	$L_{max}/1\text{ g}$	$50\ d_v = 50\text{ g}$
$2\text{ kg} < L_{max}$	—	—	$L_{max}/2\ 000$	2 000	$50\ d_v = L_{max}/40$
<i>Aparate cu scară gradată cu echilibrare neautomată</i>					
$20\text{ g} \leq L_{max} < 100\text{ g}$	0,1 g sau 0,2 g	$200 \leq n < 1\ 000$	0,1 g	$L_{max}/0,1\text{ g}$	$10\ d_a$
$100\text{ g} \leq L_{max} < 1\text{ kg}$	$0,2\text{ g} \leq d_a \leq 1\text{ g}$	$200 \leq n < 1\ 000$	$L_{max}/1\ 000$	1 000	$20\ d_a$
$100\text{ g} \leq L_{max} < 10\text{ kg}$	$0,1\text{ g} \leq d_a \leq 1\text{ g}$	$1\ 000 \leq n < 10\ 000$	d_a	n	$20\ d_a$
$400\text{ g} \leq L_{max} < 5\text{ kg}$	2 g sau 5 g	$200 \leq n < 1\ 000$	$L_{max}/1\ 000$	1 000	$50\ d_a$
$2\text{ kg} \leq L_{max} < 50\text{ kg}$	2 g sau 5 g	$1\ 000 \leq n < 10\ 000$	d_a	n	$50\ d_a$
$5\text{ kg} \leq L_{max} < 10\text{ t}$	$10\text{ g} \leq d_a \leq 10\text{ kg}$	$500 \leq n < 1\ 000$	$L_{max}/1\ 000$	1 000	$50\ d_a$
$10\text{ kg} \leq L_{max} < 100\text{ t}$	$10\text{ g} \leq d_a \leq 10\text{ kg}$	$1\ 000 \leq n \leq 10\ 000$	d_a	n	$50\ d_a$
$15\text{ t} \leq L_{max}$	$20\text{ kg} \leq d_a$	$750 \leq n < 1\ 000$	$L_{max}/1\ 000$	1 000	100 kg^+
$20\text{ t} < L_{max}$	$20\text{ kg} \leq d_a$	$1\ 000 \leq n \leq 100\ 000$	d_a	n	1000 kg^+
<i>Aparate cu scară gradată cu echilibrare semiautomată sau automată</i>					
$20\text{ g} \leq L_{max} < 10\text{ kg}$	$0,1\text{ g} \leq d_a \leq 1\text{ g}$	$50 \leq n \leq 10\ 000$	d_a	n	$10\ d_a$
$400\text{ g} \leq L_{max} \leq 50\text{ kg}$	2 g sau 5 g	$200 \leq n \leq 10\ 000$	d_a	n	$20\ d_a$
$5\text{ kg} \leq L_{max} \leq 200\text{ kg}$	10 g sau 20 g	$500 \leq n \leq 10\ 000$	d_a	n	$20\ d_a$
$25\text{ kg} \leq L_{max} \leq 100\text{ t}$	$50\text{ g} \leq d_a \leq 10\text{ kg}$	$500 \leq n \leq 10\ 000$	d_a	n	$50\ d_a$
$15\text{ t} \leq L_{max}$	$20\text{ kg} \leq d_a$	$750 \leq n \leq 10\ 000$	d_a	n	$1\ 000\text{ kg}^+$

+ Dacă $10\ d_a$ au o valoare mai mare de 1 000 kg, limita inferioară a limitei minime de cântărire este de $10\ d_a$

Caracteristicile scărilor gradate la aparatele de cîntărit de precizie inferioară

Limita maximă L_{max}	Valoarea diviziunii d_a sau d_d	Număr n	Valoarea diviziunii de verificare d_v	Număr diviziuni verificare n_v	Limita minimă L_{min}
<i>Aparate fără scară gradată</i>					
$1 \text{ kg} \leq L_{max} \leq 2 \text{ kg}$	—	—	5 g	$L_{max}/5 \text{ g}$	$10 d_v = 50 \text{ g}$
$2 \text{ kg} \leq L_{max}$	—	—	$L_{max}/400$	400	$10 d_v = L_{max}/40$
<i>Aparate cu scară gradată cu o echilibrare neautomată</i>					
$1 \text{ kg} \leq L_{max} < 2 \text{ kg}$	5 g sau 10 g	$100 \leq n < 400$	5 g	$L_{max}/5 \text{ g}$	$10 d_a$
$2 \text{ kg} \leq L_{max} < 4 \text{ t}$	$10 \text{ g} \leq d_a \leq 10 \text{ kg}$	$100 \leq n < 400$	$L_{max}/400$	40	$10 d_a$
$2 \text{ kg} \leq L_{max} \leq 10 \text{ t}$	$5 \text{ g} \leq d_a \leq 1010 \text{ kg}$	$400 \leq n \leq 1000$	d_a	n	$10 d_a$
$4 \text{ t} \leq L_{max}$	$20 \text{ kg} \leq d_a$	$200 \leq n \leq 400$	$L_{max}/400$	400	$10 d_a$
$8 \text{ t} \leq L_{max}$	$20 \text{ kg} \leq d_a$	$400 \leq n \leq 1000$	d_a	n	$10 d_a$
<i>Aparate cu scară gradată cu echilibrare semiautomată și automată</i>					
$1 \text{ kg} \leq L_{max} \leq 10 \text{ t}$	$5 \text{ g} \leq d_a \leq 10 \text{ g}$	$100 \leq n \leq 1000$	d_a	n	$10 d_a$
$4 \text{ t} \leq L_{max}$	$20 \text{ kg} \leq d_a$	$200 \leq n \leq 1000$	d_a	n	$10 d_a$

Trebuie reținut că numai în cazul scărilor gradate analogice avem de-a face cu *diviziuni reale*, adică diviziuni care apar fizic pe suportul material al scării gradate (cadranul). În cazul aparatelor de cîntărit fără scară gradată, pentru uzul verificărilor, acestea se asimilează cu aparatele de cîntărit care au scară gradată. În acest scop, în tabelele 4, 5, 6 și 7 coloana 5 indică numărul sau relația de calcul a numărului *diviziunilor de verificare*, operația de verificare efectuându-se pe baza acestuia ca și cum aparatul ar avea în mod real un asemenea număr de diviziuni.

În cazul aparatelor digitale de cîntărit, fie că acestea sînt prevăzute cu un sistem de afișare numerică, fie cu un sistem de imprimare numerică, ele se consideră echivalente cu un aparat de cîntărit a cărui scară gradată are atîtea diviziuni de cîte ori valoarea celei mai mici unități afișate (imprimare) se cuprinde în limita maximă de cîntărire.

c. **Factorii de influență.** Erorile unui aparat de cîntărit depind de o serie de factori, ca: mediul ambiant, condițiile de instalare a aparatului etc. Din această cauză, în norme, standarde și alte tipuri de specificații se indică, pe de o parte, erorile de bază ale aparatelor, adică erorile stabilite în condiții de referință și pe de altă parte, erorile suplimentare care rezultă atunci cînd aparatul funcționează în condiții diferite de cele de referință.

Din acest punct de vedere, stabilitatea unui aparat față de efectele unor asemenea factori de influență reprezintă și ea o caracteristică de calitate metrologică.

Factorii de influență cei mai importanți sînt următorii: denivelarea, temperatura, caracteristicile electrice cu care se alimentează aparatul, cîmpurile magnetice și electrice, vibrațiile și condițiile atmosferice.

6. Caracteristicile funcționale ale aparatelor de cîntărit

Intervalul cuprins între limitele maximă și minimă de cîntărire este denumit *interval de cîntărire*.

O altă caracteristică funcțională este *capacitatea de suprasarcină*. Aceasta constă în calitatea unui aparat de cîntărit de a suporta, fără defecțiuni, sarcini ce depășesc intervalul de cîntărire sau condițiile de referință normate.

Întreaga expunere pînă acum cu privire la funcționarea aparatelor de cîntărit s-a referit numai la regimul de echilibru static, adică s-a făcut abstracție de timpul care se scurge de la începerea cîntării

prin aplicarea obiectului cîntărit asupra receptorului de sarcină și pînă în momentul în care devine posibilă citirea rezultatului cîntăririi.

Durata acestei *perioade de stabilire a valorii staționare*, foarte importantă în multe aplicații, determină durata unei cîntăriri. Aceasta depinde atît de caracteristicile dinamice ale aparatului (în principal momentele de inerție), cît și de modul în care s-a aplicat sarcina de cîntărit.

Majoritatea aparatelor de cîntărit sînt echipate cu dispozitive speciale, amortizoare, prin intermediul cărora, în anumite limite, acest interval de timp poate fi reglat. Prin reglaje se caută să se obțină un asemenea regim tranzitoriu încît indicatorul să ajungă la valoarea staționară, corespunzătoare sarcinii cîntărite, după efectuarea unui anumit număr de oscilații în jurul valorii finale.

Întrucît așa cum s-a arătat, toate aparatele de cîntărit sînt caracterizate de o anumită *eroare tolerată* (E_T), s-a stabilit, prin convenție, ca durata perioadei de stabilire a echilibrului (t_0), denumită *timp de răspuns* sau *durată a regimului tranzitoriu* să se determine ca: intervalul de timp care se scurge de la aplicarea bruscă a unei sarcini pe receptorul de sarcină și pînă în momentul în care oscilațiile indicatorului sînt mai mici decît eroarea tolerată.

La unele aparate de cîntărit (curba 2 fig. I.14), indicatorul reacționează cu o anumită întîrziere (τ) după aplicarea sarcinii de cîntărit. Această întîrziere, denumită *timp mort*, se determină, tot prin convenție, ca intervalul de timp care se scurge de la momentul aplicării sarcinii de cîntărit și pînă în momentul în care indicatorul se deplasează cel puțin cu o valoare egală cu eroarea tolerată.

Pentru unele aparate de cîntărit, de exemplu dozatoarele sau aparatele de cîntărit cu ciclu automat, devine necesară introducerea caracteristicii funcționale numită *cadență de măsurare*. Aceasta reprezintă numărul maxim de cîntăriri, în unitatea de timp, pe care le poate efectua aparatul fără ca să se depășească erorile tolerate.

La toate aceste caracteristici funcționale s-a adăugat în ultimi ani o caracteristică de foarte mare importanță, numită *fiabilitatea metrologică*.

Oricît de bun ar fi un aparat de cîntărit în momentul fabricării sale, el trebuie totuși considerat ca avînd o calitate necorespunzătoare

dacă nu își va păstra un anumit timp performanțele inițiale și îndeosebi caracteristicile metrologice. Din acest punct de vedere, orice depășire a unor erori tolerate, specifice aparatului respectiv, se consideră drept o defecțiune metrologică. Pericolul acestor defecțiuni constă în faptul că ele sînt ascunse, utilizatorul aparatului neputîndu-le sesiza decît indirect, prin efectele negative pe care le produc sau prin operațiile periodice de verificare metrologică.

Deci, *fiabilitatea se ocupă de evoluția calității în timp, furnizînd metode și relații matematice pentru a putea măsura gradul în care aparatele de cîntărit își conservă calitățile în timp*. În acest scop se determină probabilitatea ca un aparat de cîntărit să funcționeze în condiții determinate un anumit interval de timp (eventual un anumit număr de cîntăririi), fără ca erorile tolerate, specifice aparatului respectiv, să fie depășite.

Verificarea cunoștințelor

1. Ce caracteristici metrologice și tehnice influențează planeitatea muchiilor cuțitelor :
 - sensibilitatea ?
 - justețea ?
 - fidelitatea ?
2. Cum influențează calitatea muchiilor cuțitelor asupra sensibilității, îndeosebi la balanțele de precizie ?
3. O balanță simplă are în prima porțiune a intervalului de măsurare o sensibilitate constantă, egală cu 5 div./g. Admițînd că cea mai mică valoare a mărimii de ieșire distinct sesizabilă este de 0,5 div., se întreabă care este pragul de sensibilitate al balanței ?
4. Sensibilitatea unei balanțe simple cu scară gradată a fost inițial egală cu 10 mm/g. După un timp, datorită uzurii cuțitelor, sensibilitatea a devenit egală cu 9 mm/g. Cu cîte diviziuni va devia acul indicator al balanței la cîntărirea unui obiect de 10 g :
 - inițial ;
 - după modificarea sensibilității.
5. Valoarea diviziunii unei bascule semiautomate este de 10 kg. Știînd că pe întreaga întindere a intervalului de cîntărire bascula are diviziuni de aceeași valoare, ce valoare va avea sensibilitatea basculei ?
6. Cum se poate regla la balanțele de precizie distanța dintre muchia cuțitului de sprijin și centrul de greutate al pirghiei ?
7. Să se definească valoarea diviziunii pentru aparatele de cîntărit cu scară gradată și aparatele de cîntărit fără scară gradată.

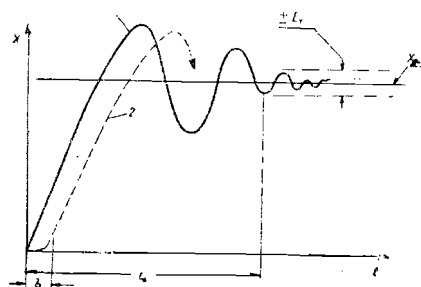


Fig. I.14. Curba de variație a semnalului de ieșire la un aparat de cîntărit în timpul procesului de trecere de la o valoare cîntărită la o alta.

8. Pentru cîntărirea unui obiect cu masa de circa 250 g trebuie să se aleagă unul dintre cele două aparate de cîntărit cu caracteristici metrologice nominale identice. În vederea adoptării deciziei de alegere, se efectuează cu ambele aparate cîte o serie de şase cîntăriri cu mase etalon de 250 g, obţinindu-se rezultatele din tabela următoare :

Aparatul	Rezultatele determinărilor, în g					
(A)	251,14	251,31	251,07	251,07	251,21	251,24
B	250,98	250,24	250,19	250,73	250,31	250,67

Se întreabă :

- Care din cele două aparate are o eroare de justeţe mai mare ?
 - Care din cele două aparate are o eroare de fidelitate mai mare ?
9. Care este condiţia de construcţie ca un aparat de cîntărit să fie just :
- Masa pîrghiei să fie mică ?
 - + Între braţele de pîrghie să fie un raport bine determinat ?
 - Planeitatea muchiilor cuşitelor ?
10. Să se răspundă ce diferenţă ar putea fi între braţele de pîrghie la o balanţă uzuală, braţele avînd o lungime de 200 mm, pentru a putea cîntări 1 kg cu o precizie de 2 g ?
11. Cum se verifică paralelismul muchiilor cuşitelor ?

CAPITOLUL III

ERORI DE CÎNTĂRIRE. PROCEDEE ŞI METODE DE MICŞORARE A ACESTORA

A. NOȚIUNI GENERALE

Ori ce fel de măsurare este efectuată cu o eroare de măsurare ; nici cîntărirea nu face excepție de la această regulă.

Aşa cum s-a arătat în capitolul II, din punctul de vedere al modului în care se manifestă erorile de măsurare, ele se pot clasifica în :

- erori sistematice ;
- erori întîmplătoare,

determinînd două din principalele caracteristici metrologice ale aparatelor de cîntărit, justetea şi respectiv fidelitatea.

Prin construcţia aparatelor de cîntărit, se prevăd măsuri pentru ca aceste erori să nu depăşească anumite limite. Totuşi, în majoritatea cazurilor, diminuarea sau chiar eliminarea acestor erori trebuie realizată prin utilizarea unor metode speciale de cîntărire. Pentru a ilustra aceste metode este necesar să examinăm în prealabil simpla cîntărire.

1. Simpla cîntărire

Cîntărirea unui corp cu ajutorul unei balanţe simple se poate executa aşezînd pe unul din talerele balanţei corpul de cîntărit, iar pe celălalt taler, greutatea de lucru, pînă cînd balanţa este adusă în poziţia normală de echilibru. Aceasta constituie o metodă directă de cîntărire, denumită *simpla cîntărire*, masa corpului de cîntărit fiind egală ca valoare cu masa greutăţilor de lucru.

Această metodă se utilizează la cîntăririle tehnice, care sînt de precizie mai redusă.

Metoda mai poate fi utilizată şi la cîntăririi mai precise. În acest caz, poziţia de echilibru a balanţei nu se mai apreciază, ci se determină prin citirea elongaţiilor acului indicator şi prin calcul. Se constată că aducerea balanţei exact în poziţia normală de echilibru este o operaţie foarte migăloasă, dacă nu chiar imposibilă. În plus, ea este inutilă, deoarece masa corpului de cîntărit se poate determina şi atunci cînd pîrghia se găseşte într-o poziţie înclinată, apropiată de cea normală.

Pentru aceasta se determină următoarele poziții de echilibru :

- poziția de echilibru a balanței neîncărcate P_0 ;
- poziția de echilibru P_1 care se obține încărcând talerele cu masele m_Q și m_P ;
- poziția de echilibru P_2 care se obține prin adăugarea pe talerul mai ridicat a unui mici suprasarcini s , astfel încît poziția de echilibru P_2 să se deplaseze cu 3 sau 4 diviziuni față de P_1 ; masa m_Q se află din relația :

$$m_Q = m_P \pm (P_1 - P_0) \frac{s}{P_2 - P_1},$$

semnul \pm depinzînd de mărimea lui m_P față de m_Q .

În metoda simplei cîntăriri, erorile de justete apar din cauza imposibilității practice de a realiza pîrghiile balanțelor cu brațele riguros egale.

Pentru ilustrare se propune o balanță cu brațe egale cu lungimile l și l' astfel că $l > l'$. Punînd pe talere sarcinile P și Q , relația de echilibru va fi :

$$P \cdot l = Q \cdot l',$$

de unde :

$$Q = P \frac{l}{l'}. \quad (18)$$

Notînd :

$$l - l' = \tau,$$

$$l = l' + \tau,$$

și înlocuind valoarea lui l în relația (18), se obține :

$$Q = P \frac{l' + \tau}{l'} = P + P \frac{\tau}{l'}. \quad (19)$$

Din relația (19) reiese că eroarea datorită inegalității brațelor este direct proporțională cu sarcina și cu diferența de lungime dintre brațe și invers proporțională cu lungimea brațului de pîrghie l' .

În acest caz, pentru corectarea rezultatelor ar fi necesar să se calculeze cîte o valoare care, adăugată pe talerul respectiv, să reprezinte corecția corespunzătoare fiecărei sarcini cîntărite. Operația este practic imposibilă, deoarece nu se cunoaște masa corpului care se cîntărește, aceasta constituind scopul operației.

Pentru înlăturarea erorilor provocate de inegalitatea brațelor, singurul mijloc adecvat îl constituie aplicarea uneia din cele trei metode de dublă cîntărire care sînt descrise în continuare.

Erorile datorate lipsei de justete a greutăților de lucru pot apărea la efectuarea cîntăririlor din cauză că valoarea efectivă a acestora nu corespunde riguros cu valoarea nominală. Aceste erori sînt provocate de ajustarea incorectă a greutăților, de schimbarea valorii masei în timp din cauza uzurii, a acțiunii agenților chimici externi etc.

Pentru obținerea de rezultate exacte, la efectuarea cîntăririlor de precizie trebuie să se țină seama de aceste erori. Ele sînt menționate, de obicei, în certificatele ce însoțesc trusele de greutăți de precizie. Aceste certificate se eliberează cu ocazia verificărilor de stat. În unele cazuri, în certificate se dau corecțiile care trebuie aplicate pentru obținerea valorii efective a masei. Corecția fiind egală cu eroarea sistematică luată cu semn contrar, trebuie să se țină seama de semnul algebric la efectuarea acestor operații.

Eliminarea erorilor datorite cîntăririi în aer. Așa cum s-a arătat, operația de cîntărire este o comparare cu ajutorul balanței între acțiunea greutății Q a corpului de cîntărit și a greutăților P de lucru.

Avînd în vedere că operația de cîntărire se execută în aer, greutățile corpurilor care acționează pe talerele balanței vor fi mai mici decît atunci cînd operația s-ar efectua în vid, conform legii lui Arhimede.

Pentru eliminarea influenței erorilor provenite din cauza cîntăririi în aer, atunci cînd se efectuează cîntăriri de precizie, este necesar ca atît greutatea corpului de cîntărit cît și a greutăților de lucru de pe balanță să se reducă la vid, adică să se introducă corecția pentru pierderea de greutate în aer.

În acest caz, relația de echilibru în aer va fi :

$$Q - V_Q \cdot \rho_a = P - V_P \cdot \rho_a, \quad (20)$$

în care :

Q este masa corpului de cîntărit;

V_Q — volumul corpului de cîntărit;

ρ_a — densitatea aerului;

P — suma greutăților de lucru aplicate pe taler;

V_P — volumul greutăților de lucru P .

Relația (20) poate fi scrisă și sub forma :

$$Q - \frac{m_Q}{\rho_Q} \cdot \rho_a = P - \frac{m_P}{\rho_P} \cdot \rho_a,$$

sau :

$$Q \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_Q} \right) = P \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_P} \right),$$

în care :

ρ_Q este densitatea corpului ;
 ρ_P — densitatea greutăților de lucru,
astfel că :

$$Q = P \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_P}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_Q}}. \quad (21)$$

Dacă greutatele folosite și corpul de cîntărit sînt confecționate din același material ($\rho_Q = \rho_P$), adică au volume egale, fracția din relația (21) devine egală cu unitatea și $Q = P$, deci corecția pentru pierderea de greutate în aer nu mai este necesar să se aplice.

În cazul cînd corpul și greutatele sînt confecționate din materiale diferite ($\rho_Q \neq \rho_P$) și deci au volume diferite, este necesar să se aplice corecțiile pentru pierderea greutăților în aer.

În locul relației (21), în practică se folosește o relație aproximativă, și anume :

$$Q = P \left[1 + \left(\frac{1}{\rho_Q} - \frac{1}{\rho_P} \right) \rho_a \right]. \quad (22)$$

Prin cîntărirea în aer se determină valoarea masei aparente a corpului, iar prin aplicarea corecției de pierdere în aer, arătată mai sus, se obține în final valoarea masei reale a corpului.

Reducînd cu valoarea accelerației gravitației, relația (22) devine :

$$m_Q = m_P \left[1 + \left(\frac{1}{\rho_Q} - \frac{1}{\rho_P} \right) \rho_a \right] \quad (23)$$

În certificatele care însoțesc trusele de greutăți de precizie sînt indicate valorile maselor greutăților, la care s-a efectuat corecția pentru pierderea de greutate în aer.

De exemplu, se cere să se afle masa unui corp, cîntărirea fiind efectuată în aer cu greutăți de masă cunoscută. În urma cîntării se obține rezultatul 210,25748 g. Se cunoaște densitatea corpului :

$$\rho_Q = 11,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3,$$

densitatea greutăților :

$$\rho_P = 8,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

și densitatea aerului* :

$$\rho_a = 1,2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3.$$

* În determinări deosebit de precise, valoarea densității aerului se obține din tabele special întocmite, care dau valori stabilite în raport cu presiunea barometrică, umiditatea și temperatura mediului.

Aplicînd relația (23), se obține :

$$m_Q = 210,25738 \left[1 + \left(\frac{1}{11,8} - \frac{1}{8,4} \right) 0,0012 \right] = 210,24509 \text{ g.}$$

Relația (23) se mai poate scrie și sub forma :

$$m_Q = m_P (V_Q - V_P) \rho_a,$$

deoarece :

$$\frac{m_Q}{Q} = V_Q \text{ și } \frac{m_P}{P} = V_P,$$

care reprezintă volumele corpului Q și ale greutăților P .

În ultima vreme, pentru simplificarea calculelor, la greutățile de precizie medie s-a introdus noțiunea de *densitate convențională* care, indiferent de natura materialelor din care sînt confecționate greutățile, se consideră a fi egală cu 8 kg/m^3 .

2. Dubla cîntărire

Atunci cînd se urmărește executarea unei cîntăriri de mai mare precizie, trebuie să se utilizeze o metodă care să elimine influența inegalității brațelor de pîrghie.

În acest scop se utilizează metoda dublei cîntăriri, denumite astfel deoarece este necesar să se execute cîte două cîntăriri simple.

Metodele de dublă cîntărire sînt în număr de trei, și anume : *metoda Gauss*, *metoda Borda* și *metoda Mendeleev*.

Se menționează că pentru simplificarea demonstrației se consideră că la fiecare din cele două cîntăriri se obține poziția normală de echilibru, cu toate că atunci cînd se lucrează se obțin doar poziții de echilibru apropiate de cea normală, așa cum s-a arătat la metoda de simplă cîntărire.

a. **Metoda Gauss sau metoda transpoziției** se efectuează în modul următor : se așază corpul de cîntărit de greutate X pe unul din talele balanței (fig. I.15, a), iar pe celălalt, greutate de lucru P , pînă cînd balanța este adusă în poziția normală de echilibru. Se permută apoi corpul de cîntărit pe celălalt taler (fig. I.15, b) în locul greutăților de lucru, iar pe talerul rămas liber se adaugă greutăți de lucru P' pînă cînd balanța ia din nou poziția normală de echilibru. Se efectuează calculul masei m_X a corpului de cîntărit.

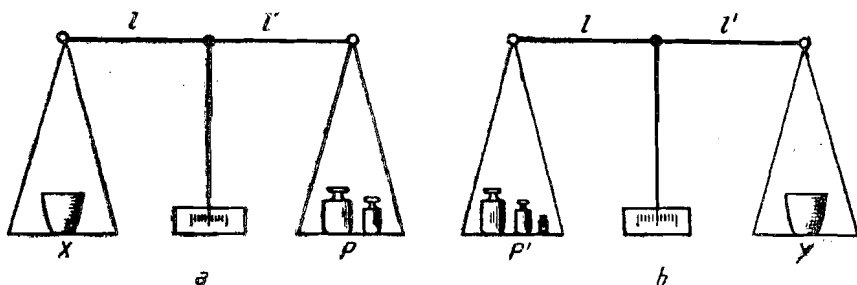


Fig. 1.15. Cântărirea prin metoda Gauss:
a — prima cântărire a corpului; b — a doua cântărire a corpului.

Pentru aceasta se scriu egalitățile momentelor pentru cele două cântăriri:

$$X \cdot l = P \cdot l',$$

$$X \cdot l' = P' \cdot l.$$

Aplicînd relația (4), se obține: (24)

$$m_X \cdot l = m_P \cdot l';$$

$$m_X \cdot l' = m_{P'} \cdot l. \quad (25)$$

Înmulțind membru cu membru, relațiile (24) și (25) devin:

$$m_X^2 \cdot l \cdot l' = m_P \cdot m_{P'} \cdot l \cdot l',$$

prin simplificare se obține:

$$m_X^2 = m_P \cdot m_{P'}$$

adică:

$$m_X = \sqrt{m_P \cdot m_{P'}}.$$

Cum însă m_P are o valoare foarte apropiată de $m_{P'}$, din cauză că diferența între cele două brațe l și l' este destul de mică, se poate lua:

$$m_X = \frac{m_P + m_{P'}}{2}. \quad (26)$$

Masa corpului de cântărit se ia deci egală cu media aritmetică a celor două mase m_P și $m_{P'}$, determinate prin cele două cântăriri.

Din formula (26) reiese că rezultatul cântăririi nu depinde de lungimile celor două brațe ale pîrghiei, deoarece în această relație nu figurează l și l' .

Această metodă nu este prea des utilizată în practica curentă, datorită caracterului ei laborios. Este utilizată însă la Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți de la Sèvres, la compararea de înaltă precizie a etaloanelor de masă. Ea este de asemenea utilizată și în cadrul Institutului național de metrologie, atunci cînd se execută comparații cu prototipul național al kilogramului sau atunci cînd se fac comparații de înaltă precizie a etaloanelor de masă.

b. Metoda Borda sau metoda substituției. Pentru efectuarea de cântăriri prin metoda Borda se procedează în felul următor: se așază corpul de cântărit de greutate X pe unul din talerele balanței, de exemplu pe cel din stînga (fig. 1. 16, a), iar pe celălalt, tara T , adică material constituit din alice, bucățele de hîrtie etc., pînă cînd balanța este adusă în poziția normală de echilibru. Se dă apoi jos corpul de cântărit de pe teler și se așază pe acesta greutatea de lucru P (fig. 1.16, b) pînă cînd balanța ia poziție normală de echilibru.

Masa m_X a corpului de cântărit este egală cu masa m_P a greutăților de lucru. Aceasta rezultă din egalitatea momentelor pentru cele două cântăriri și este exprimată de relațiile:

$$X \cdot l = T \cdot l';$$

$$P \cdot l = T \cdot l'.$$

Dacă se ține seama de relația (4), relațiile devine:

$$m_X \cdot l = m_T \cdot l'$$

$$m_P \cdot l = m_T \cdot l'$$

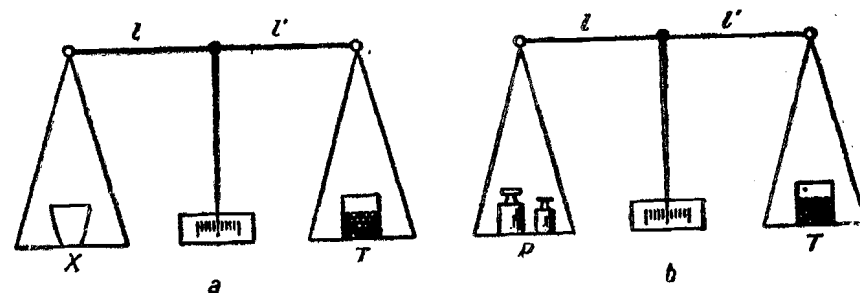


Fig. 1.16. Cântărirea prin metoda Borda:

a — prima cântărire a corpului; b — a doua cântărire după înlocuirea corpului cu greutatea de lucru.

de unde rezultă :

$$m_X \cdot l = m_P \cdot l',$$

simplificînd cu l :

$$m_X = m_P. \quad (27)$$

Din relația (27) reiese că valoarea masei corpului de cîntărit nu depinde de lungimea brațelor, deoarece în această relație nu figurează l și l' .

c. **Metoda Mendeleev sau metoda sarcinii constante sau a sensibilității constante.** S-a arătat că sensibilitatea balanțelor variază, în general, cu sarcina la care sînt încărcate. Cum cîntăririle se fac de obicei la sarcini diferite, rezultă că și sensibilitatea va fi diferită, și deci operațiile de cîntărire nu se fac cu aceeași precizie.

Mendeleev a imaginat o metodă de dublă cîntărire, în care se lucrează la limita maximă de cîntărit, la care sensibilitatea balanței este constantă.

Cîntărirea prin metoda Mendeleev se efectuează astfel : se încarcă ambele talere la sarcina maximă a balanței, pe talerul din stînga sarcina fiind formată din mai multe greutateți de lucru mici (fig. I. 17, a). Se echilibrează balanța cu diferite materiale ușoare (bucățele de hîrtie etc.), astfel încît indicatorul să se oprească în dreptul reperului din mijloc al scării gradate. Se așază apoi corpul de cîntărit pe talerul din stînga (fig. I. 17, b) de pe care se scot greutateți pînă cînd acul indicator revine din nou în dreptul reperului din mijloc.

Masa corpului de cîntărit m_X este egală cu suma maselor greutateților de lucru, Σm_P , ridicate de pe taler, așa cum rezultă din calculul de mai jos.

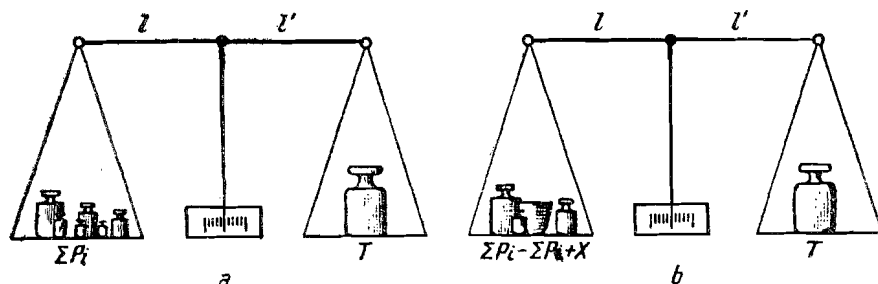


Fig. I.17. Cîntărirea prin metoda Mendeleev :

a — prima cîntărire, balanța încărcată cu greutateți de lucru egale cu limita maximă de cîntărire ; b — a doua cîntărire, greutatețile de lucru fiind înlocuite de corpul de cîntărit.

Egalitatea momentelor pentru cele două cîntăriri este exprimată de relațiile :

$$\begin{aligned} \Sigma P_i \cdot l &= T \cdot l', \\ (\Sigma P_i - \Sigma P + X)l &= T \cdot l', \end{aligned}$$

care se pot înlocui cu :

$$(\Sigma m_{P_i} - \Sigma m_P + m_X)l = \Sigma m_{P_i} \cdot l';$$

de aici rezultă că :

$$\Sigma m_{P_i} = \Sigma m_{P_i} - \Sigma m_P + m_X,$$

respectiv :

$$m_X = \Sigma m_P. \quad (28)$$

Verificarea cunoștințelor

1. Ce avantaj prezintă operația de simplă cîntărire :
— Necesită un timp scurt pentru a fi efectuată ?
— Asigură o precizie satisfăcătoare ?
2. Se efectuează cîntărirea unui corp cu o balanță simplă cu brațe egale, avînd scara gradată bilateral, cu minus la stînga, obținîndu-se datele arătate mai jos :

Operații	Sarcina pe talerul :		Elongații		
	stîng	drept	l_1 div.	l_2 div.	l_3 div.
1	Fără sarcină	Fără sarcină	3,7	-4,2	3,6
2	m_Q	72,913 g	4,4	-0,9	4,3
3	m_Q	72,913 g + 4 mg	1,2	-5,4	1,1

Să se calculeze masa corpului.

3. Să se arate ce fel de erori pot produce următoarele cauze :
— Deplasarea accidentală a unei pernă de la locul ei.
— Starea de oboseală a operatorului.
— Inegalitatea brațelor de pîrghie.

- Folosirea măsurilor de masă nejuste.
 - Un șoc asupra unei balanțe de precizie sau, în general, asupra unui aparat de cîntărit.
 - Neparalelismul muchiilor cuțitelor.
 - Variația uniformă sau neuniformă a temperaturii.
 - Neatenția operatorului.
 - Instalarea necorespunzătoare într-o încăpere a unei balanțe pe precizie.
 - Cîntărirea în aer.
 - Mediul ambiant umed, încărcat cu praf.
4. Se cere să se afle masa unui corp, cîntărirea fiind efectuată în aer cu greutăți de masă cunoscute.
- În urma cîntăririi se obține rezultatul $m_P = 122,48329 \text{ g}$.
- Se cunoaște densitatea corpului $\rho_Q = 7,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, densitatea greutăților $\rho_P = 8,4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ și densitatea aerului $\rho_a = 1,2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.
5. Cum se elimină erorile datorate inegalității brațelor de pîrghie în atelierele de condiționat balanțe.
6. Prin ce metodă de cîntărire se elimină erorile datorite variației sensibilității cu sarcina:
- Gauss?
 - Borda?
 - Mendeleev?

CAPITOLUL IV MĂSURI DE MASĂ

A. NOȚIUNI GENERALE

Măsurile de masă reprezintă materializarea unității de masă, kilogramul, sau a multiplilor și submultiplilor zecimali ai acestuia.

Conform unor convenții internaționale, seriile de mase sînt astfel alcătuite încît numărul și valoarea pieselor să permită cîntărirea oricărei mase între cele două limite ale seriei. Valoarea lor face parte din șirul numerelor 1×10^n , 2×10^n și 5×10^n față de unitatea de masă, unde n este un număr întreg pozitiv, negativ sau egal cu zero.

După destinație, masele se clasifică în mase etalon și mase de lucru.

1. Mase etalon

Masele etalon servesc la păstrarea, reproducerea și transmiterea unității de masă. După criteriul subordonării metrologice și al destinației, acestea se împart în mai multe categorii.

Subordonarea etaloanelor ca și ordinea de comparare în vederea transmiterii unității de masă este stabilită de către Institutul național de metrologie, în cadrul unei document oficial denumit *schema de transmitere a unității de masă*. În figura I.18 este prezentată schema de transmitere a unității de masă care cuprinde totodată și aparatele de cîntărit prin intermediul cărora se realizează operațiile de transmitere a unității de masă.

Etaloanele de masă, în funcție de precizie, se clasifică în etaloane primare, secundare și de lucru.

a. **Etaloanele primare de masă** întrunesc cele mai ridicate calități metrologice. În cazul în care un etalon primar servește ca element de referință pentru atribuirea valorii tuturor celorlalte etaloane ale mărimii respective într-o anumită țară, acesta capătă și funcția de *etalon național*.

Kilogramul a fost definit prima dată, la sfîrșitul secolului al XVIII-lea, ca masa unui decimetru cub de apă distilată la maximum de densitate și la presiunea atmosferică normală, fiind materializat sub forma unui cilindru drept din platină pură cu diametrul egal cu înălțimea, ambele egale cu aproximativ 39 mm. Sub această formă, kilogramul etalon a fost depus la arhivele Naționale din Franța, motiv pentru care a primit denumirea de *kilogramul de la Arhive*.

După anul 1860, prin măsurări foarte precise s-a stabilit că kilogramul de la Arhive este mai greu decît un decimetru cub de apă distilată, cu 72 mg. Deoarece practic nu se putea modifica masa tuturor greutăților care se găseau atunci în uz, s-a preferat să se conserve masa kilogramului de la Arhive și să se schimbe definiția unității de masă, ceea ce a făcut ca, în anul 1872, Comisia Internațională a Metrului să adopte ca unitate de masă kilogramul de la Arhive.

Materialul utilizat pentru construcția kilogramelor prototip care urmau să fie declarate etaloane naționale a fost un aliaj de 90% platină și 10% iridiu, dur, care asigură stabilitatea în timp a masei.

În anul 1889, prima Conferință Generală de Măsuri și Greutăți a sancționat ca prototip internațional unul din noile etaloane realizate; de asemenea s-a atribuit prin tragere la sorți prototipurile naționale țărilor care au aderat la Convenția Metrului. Țara noastră a primit cu această ocazie kilogramul prototip nr. 2.

În 1901 cea de-a treia Conferință Generală de Măsură și Greutăți a reconfirmat kilogramul ca unitate de măsură a masei.

Definiția actuală a kilogramului în cadrul Sistemului Internațional este următoarea: kilogramul este masa prototipului internațional al kilogramului (STAS 737/1-72).

b. **Etaloanele secundare de masă** au valoarea atribuită prin comparație cu etalonul primar. Etaloanele secundare de masă sînt de patru ordine, în funcție de precizia necesară, în diversele trepte prin intermediul cărora se transmite unitatea de masă.

Etaloanele secundare de ordinul I cuprind două sau mai multe etaloane de 1 kg care se compară ca și prototipul național în serie închisă, atît între ele cît și fiecare din ele cu prototipul național. Aceste etaloane servesc la transmiterea unității de masă la etaloanele secundare de ordinul II. În mod analog, de la etaloanele de masă de ordinul II unitatea este transmisă la etaloanele secundare de ordinul III, care, la rîndul lor, transmit unitatea la etaloanele secundare de ordinul IV.

Cele patru ordine de etaloane secundare reprezintă treptele necesare ca precizii, în operațiile de transmitere a unității de masă, care nu pot fi judicios asigurate decît în acest mod.

Principalele caracteristici ale maselor etalon sînt indicate în tabelul I.8.

Masele etalon secundare sînt constituite din materiale inalterabile și omogene, pentru ca masa lor să fie invariabilă în timp. Cu privire la forma etaloanelor, acestea sînt, în general, masive, și anume etaloanele secundare de ordinul I, II, și III în kilograme și grame (fig. I.19 și fig. I.20). Masele etalon în miligrame pot fi construite sub

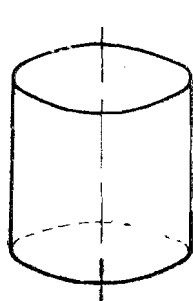


Fig. I.19. Masă etalon secundară de ordinul I de 1 kg cilindru masiv.

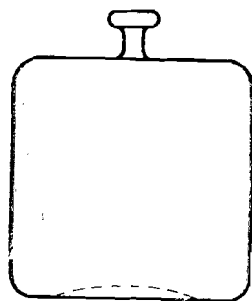


Fig. I.20. Mase etalon secundare de ordinul II și III, cilindrice masive, cu buton fix, în kg și în g.

Tabelul I.3

Caracteristicile constructive ale maselor etalon

Categoria maselor etalon	Valorile nominale	Destinația	Materiul	Forma
Secundare ordinul I	1 kg	Etalonarea maselor etalon secundare de ordinul II	Oțel paramagnetic sau aliaj de cupru (bronz alb ¹)	Fig. I. 19
Secundare ordinul II	20, 10, 5, 2 și 1 kg 500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2 și 1 kg 500, 200, 100, 50, 20 și 10 mg 5, 2, 1, 0,5, 0,2 și 0,1 mg	Etalonarea maselor etalon secundare de ordinul III Verificarea greutăților și balanțelor clasa 1	Oțel inoxidabil paramagnetic sau aliaje de cupru Oțel inoxidabil paramagnetic sau platină Aliaje de aluminiu	Fig. I.20 Fig. I. 21, ^a sau I. 21, ^b
Secundare ordinul III	20, 10, 5, 2 și 1 kg 500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2 și 1 kg 500, 200, 100, 50, 20 și 10 mg 5, 2 și 1 mg	Etalonarea maselor etalon secundare de ordinul IV Verificarea greutăților și balanțelor clasa 2 și 3	Oțel inoxidabil paramagnetic sau aliaje de cupru Oțel inoxidabil paramagnetic sau aliaj de nichel paramagnetic Aliaje de aluminiu	Fig. I. 20 Fig. I. 21, ^a sau I. 21, ^b

¹ Bronzul alb are compoziția: 76% Cu și 24% Ni.

Tabelul I.8 (continuare)

Categoria maselor etalon	Valorile nominale	Destinația	Materialul	Forma
Secundare ordinul IV	1 000 kg 500, 200 și 100 kg 20, 10, 5, 2 și 1 kg 500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2 și 1 g	Etalonarea maselor etalon de lucru Verificarea greutăților și balanțelor clasa 4	Fontă Oțel inoxidabil paramagnetic sau aliaje de cupru	Fig. I. 22 Fig. I. 23 Fig. I. 24
	500, 200, 100, 50, 20 și 10 mg 5, 2 și 1 mg		Oțel inoxidabil paramagnetic alpaca sau aliaj de aluminiu Aliaj de aluminiu	Fig. I. 21, ^a sau I. 21, ^b
Etaloane de lucru	1 000 kg 200 kg 50 kg 500 și 200 kg 20 și 10 kg	Verificarea basculelor transportabile și stabile	Fontă	Fig. I. 22 Fig. I. 23 Fig. I. 25 Fig. I. 26 Fig. I. 27, ^a sau I. 27, ^b
	20, 10, 5, 2 și 1 kg 500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2 și 1 g	Verificarea greutăților și a balanțelor clasa 5	Oțel sau aliaj de cupru	Fig. I. 28
Vagon-etalon	500, 200, 100, 50, 20 și 10 mg		Alpaca sau aliaj de aluminiu	Fig. I.21, ^a
	60 t și 30 t	Verificarea basculelor-pod pentru vagoane	În întregime metalic	Fig. I. 29

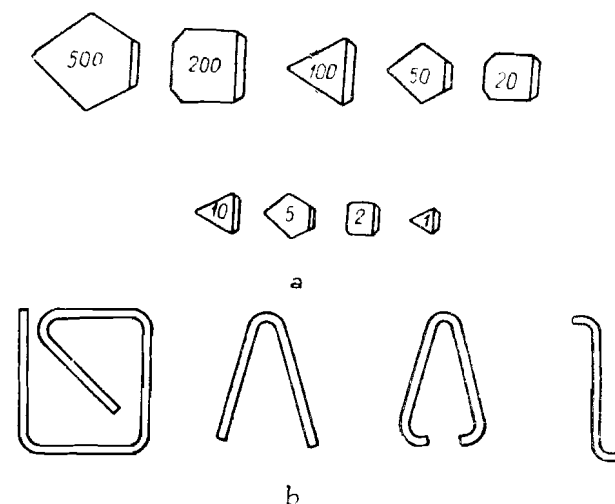


Fig. I.21. Mase etalon secundare ordin I la IV și mase etalon de lucru în mg:

a — sub formă de plăci; b — sub formă de fire.

formă de plăci (fig. I.21, a) sau sub formă de fire formate din segmente consecutive (fig. I.21, b).

Etaloanele secundare de ordinul I sînt în general numai de un 1 kg.

Etaloanele secundare de ordinul II, III și IV se construiesc numai în serii. În cazul pieselor duble sau triple din cadrul aceleiași serii, acestea se diferențiază prin imprimarea unui punct, respectiv a două puncte. Diferențierea maselor în miligrame în formă de fire se face prin una sau două îndoiri a segmentelor extreme.

c. **Etaloanele de lucru** au valoarea atribuită prin comparație directă cu etaloanele secundare de ordinul IV, principala lor destinație constînd în verificarea mijloacelor de măsurat, măsurilor de masă și aparatelor de cîntărit, cu o largă utilizare în industrie, fapt pentru care aceste etaloane au valorile nominale peste 20 kg și sînt construite din fontă.

Din punct de vedere constructiv, toate masele etalon de lucru sînt prevăzute cu cavități de ajustare (1 — fig. I.22, I.23, I.24, I.25, I.26, I.27, I.28, I.29).

Din categoria etaloanelor de lucru, în serii sînt reunite numai etaloanele de lucru cilindrice cu buton de prindere de la 20 kg la 1 g

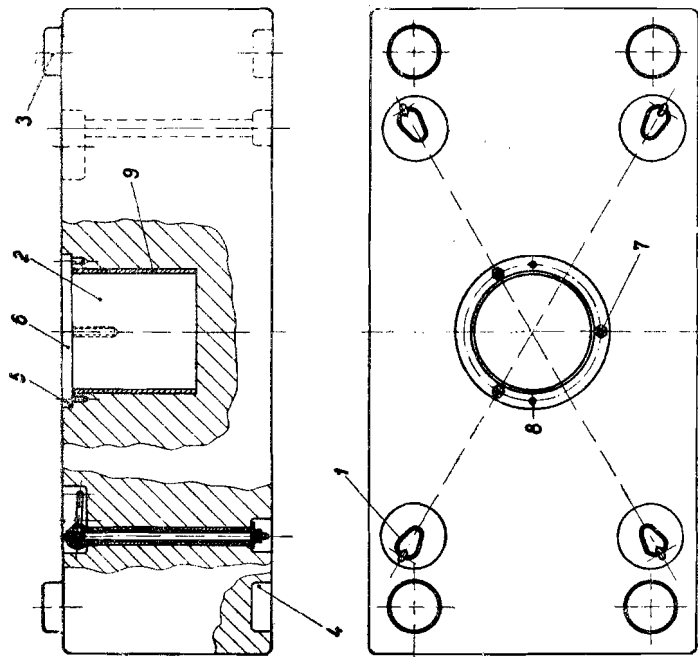


Fig. I.22. Mase etalon secundare de ordinul IV și etalon de lucru de 1000 kg:

1 — mîner; 2 — cavităte de ajustare; 3 — bosaj pentru stivuire; 4 — degajare pentru intrare bosaj; 5 — prag; 6 — capac; 7 — șurub; 8 — cep pentru marcarea; 9 — perete de oțel pentru întărirea cavității.

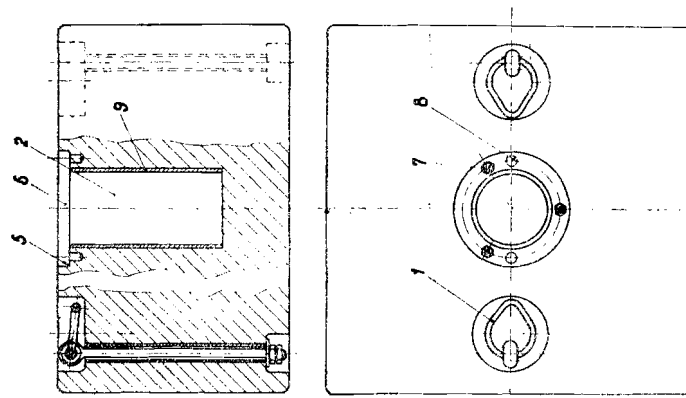


Fig. I.23. Mase etalon secundare de ordinul IV de 500 kg, 200 kg, 100 kg și etalon de lucru de 200 kg:

1 — mîner; 2 — cavităte de ajustare; 3 — bosaj pentru stivuire; 4 — degajare pentru intrare bosaj; 5 — prag; 6 — capac; 7 — șurub; 8 — cep pentru marcarea; 9 — perete de oțel pentru întărirea cavității.

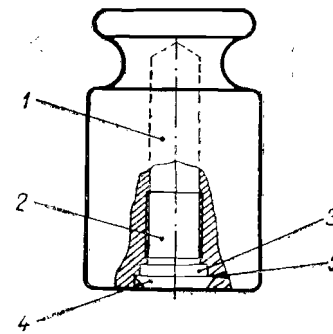


Fig. I.24. Mase etalon secundare de ordinul IV de la 20 kg la 1 kg:

1 — cavităte de ajustare; 2 — șurub; 3 — disc; 4 — cep pentru marcarea; 5 — prag.

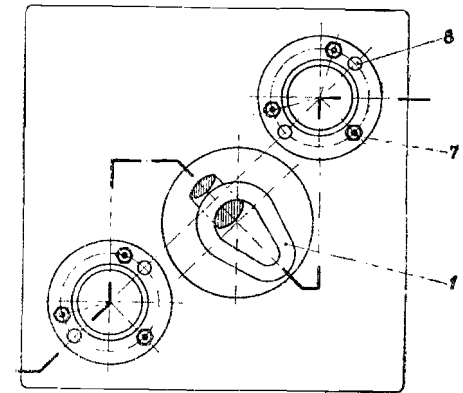


Fig. I.25. Mase etalon de lucru de 50 kg:

1 — mîner; 5 — prag; 6 — capac de închidere a cavității; 7 — șurub; 8 — cep pentru marcarea; 9 — perete de oțel pentru întărirea cavității.

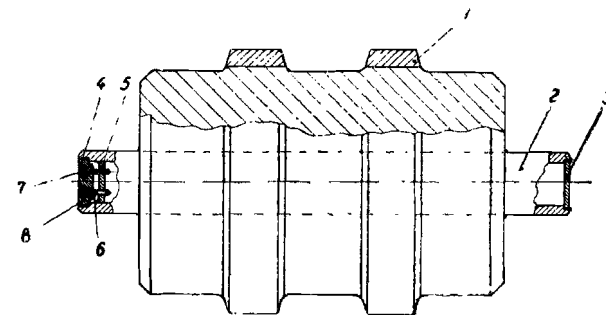


Fig. I.26. Mase etalon de lucru de 200 kg și 500 kg:

1 — brîu de rulare; 2 — ax manevrare tubular (cavităte de ajustare); 3 — capac fix; 4 — capac detașabil; 5 — nervură; 6 — șuruburi; 7 — cep pentru marcarea; 8 — prag de sprijinire a capului.

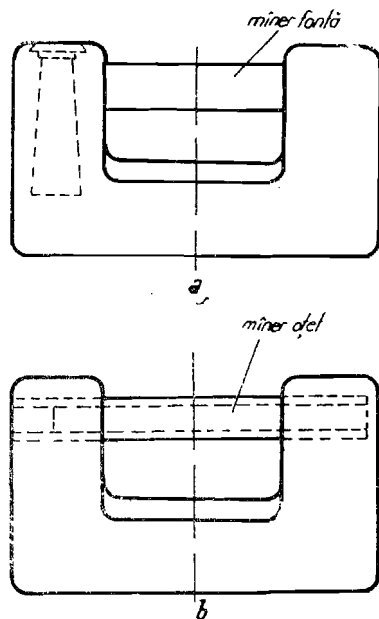


Fig. I.27. Mase etalon de lucru paralelipedice de 20 kg și 10 kg cu:
a – miner din fontă; b – miner din oțel.

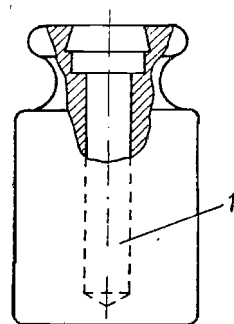


Fig. I.28. Mase etalon de lucru, în kg și g:
1 – cavitate de ajustare.

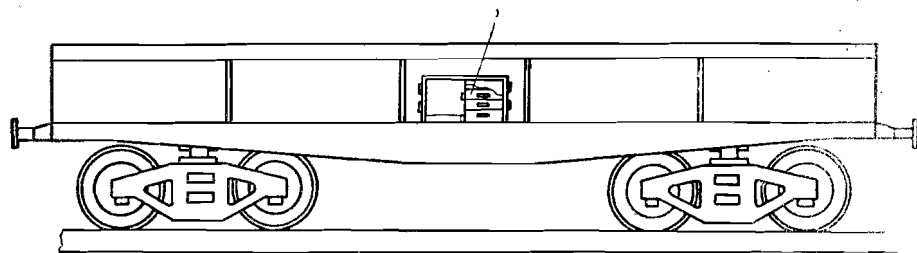


Fig. I.29. Vagon etalon:
1 – cavitate de ajustare.

și etaloanele în miligrame. Celelalte mase se construiesc ca piese individuale. Protecția acestor etaloane se face prin nichelare sau cromare pentru cele construite din aliaje de cupru și prin metalizare (cu zinc) sau brumare pentru etaloanele din fontă cu valori nominale de la 50 kg la 1000 kg.

2. Mase de lucru

Masele de lucru au valoarea atribuită prin comparație cu etaloanele secundare sau de lucru, în funcție de precizia lor. După cum se observă din schema de transmitere a unității de masă, în anumite cazuri este necesar ca unele mase de lucru să fie comparate direct cu etaloane secundare, datorită faptului că aceasta reclamă precizii similare cu acelea pe care le au etaloanele secundare de ordin inferior.

Masele de lucru, în funcție de precizia lor, se împart în cinci categorii, denumite în mod uzual greutăți de lucru clasa 1, 2, 3, 4 și 5, care sînt folosite la cîntăriri de laborator, industriale, comerciale etc. Greutățile de lucru sînt folosite la aparatele de cîntărit a căror poziție de echilibru se obține cu ajutorul acestora.

Greutățile clasa 1, 2, 3 și 4 se construiesc reunite numai în serie, iar cele de clasa 5 sînt construite, în general, ca piese individuale.

Seriile de greutăți clasele 1, 2, 3 și 4 sînt păstrate în cutii de lemn sau din material plastic. Pentru manipularea greutăților în cutii se găsesc și scule (pensete, furci, mînere etc.).

Pe fiecare greutate de clasa 1, 2 și 3 în kg, g și mg (în foi) se aplică, în relief sau în adîncime, inscripția valorii lor nominale. Adăugarea simbolului kg, g sau mg nu este obligatorie.

În tabela I.9 se indică principalele caracteristici ale greutăților de lucru.

a. **Greutățile clasa 1** (fig. I.30) și (fig. I.21, a) se utilizează în laboratoare pentru cîntărirea substanțelor pentru efectuarea analizelor microchimice și chimice de înaltă precizie.

Aceste mase sînt masive, adică nu au cavitate de ajustare.

b. **Greutățile clasa 2** (fig. I.31, I.32, I.33 și I.21, a) se utilizează în laboratoare la cîntăriri de înaltă precizie și la analize chimice de precizie curentă. Greutățile clasa 2 de la 200 g la 1 mg (fig. I.32 și I.21, a) sînt denumite și *greutăți analitice*. Greutățile clasa 2 în kg și g (fig. I.31 și I.32) posedă cavitate de ajustare închisă printr-un buton filetat, care se înșurubează în corpul greutății.

c. **Greutățile clasa 3** (fig. I.34 și I.21, a) se utilizează în laboratoare la efectuarea analizelor tehnice, precum și la cîntărirea metalelor prețioase. Greutățile de la 20 kg la 20 g (fig. I.34) au o cavitate de ajustare 1 care se închipe cu un cep de aluminiu 2, așezat pe un șurub

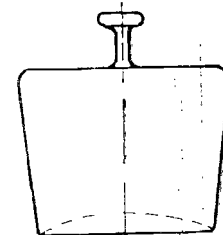


Fig. I.30. Greutăți clasa 1, în g.

Clasa	Valoarea nominală a greutăților	Destinația	Materialul	Forma
1	2	3	4	5
1	500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1 g	Cântăriri în laboratoare pentru analize microchimice de înaltă precizie	Oțel paramagnetic sau alamă	Fig. I. 30
	500, 200, 100, 50, 20, 10 mg		Oțel inoxidabil paramagnetic sau aluminiu anodizat	Fig. I. 21,a
	5, 2 și 1 mg		Aliaj de aluminiu	Fig. I. 31
2	20, 10, 5, 2, 1 kg	Cântăriri de precizie în laboratoare și la analize chimice de precizie curentă	Oțel inoxidabil paramagnetic sau alamă	Fig. I. 32
	500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1 g		Oțel inoxidabil paramagnetic sau ca anodizat	Fig. I. 21,a
	5, 2 și 1 mg		Aliaje de aluminiu	Fig. I. 33
3	10, 5 și 1 mg (călăreți)	Cântăriri de precizie și cântăriri curente	Aliaje de aluminiu	Fig. I. 34
	20, 10, 5, 2, 1 kg		Alamă sau oțel inoxidabil paramagnetic	Fig. I. 35
	500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1 g		Alpaca sau aluminiu anodizat	Fig. I. 21,a
4	500, 200, 100, 50, 20, 10 mg	Cântăriri în laboratoare pentru analize tehnice și cântărirea metalelor prețioase	Aliaje de aluminiu	Fig. I. 36
	5, 2 și 1 mg		Oțel-carbon sau alamă	Fig. I. 37
	20, 10, 5, 2, 1 kg		Aliaje de aluminiu sau alpaca	Fig. I. 38
5	500, 200, 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1 g	Cântăriri curente în comerț și în industrie	Aliaje de aluminiu	Fig. I. 21,a
	5, 2 și 1 mg		Oțel-carbon	Fig. I. 39
	20, 10, 5, 2, 1 kg		Fontă cenușie Fc 10	Fig. I. 40

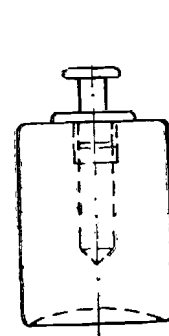


Fig. I.31. Greutăți in the class 2, in kg.

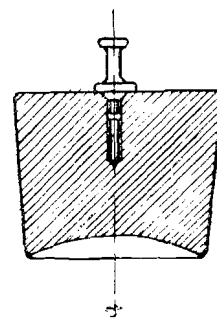


Fig. I.32. Greutăți in the class 2, in g.

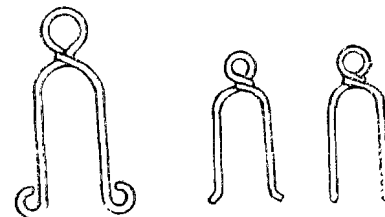


Fig. I.33. Călăreți.

cu șliț 3, confecționat din același material cu greutatea, care este limitat ca deplasare de pragul 4. Pentru imobilizarea cepului, cavitatea este prevăzută cu o degajare 5.

Ajustarea în limita erorilor tolerate pentru masa respectivă se execută cu material inoxidabil (praf de nichel sau pilitură de cositor pur), fiind interzisă ajustarea cu plumb sau aliaje de plumb.

d. Greutățile elasa 4 (fig. I.35 și I.21, a) sînt utilizate pentru executarea cîntăririlor pe balanțe elasa de fabricație 4, în laboratoare și farmacii. La aceste greutăți, în kg și g, cavitatea de ajustare 1 (fig. I.35) este închisă cu un cep 2 de aluminiu, pentru aplicarea

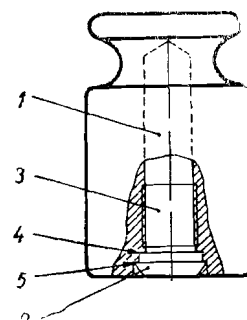


Fig. I.34. Greutăți elasa 3, in kg și g.

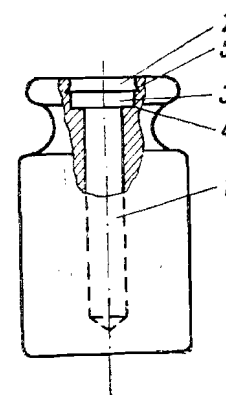


Fig. I.35. Greutăți elasa 4, in kg și g.

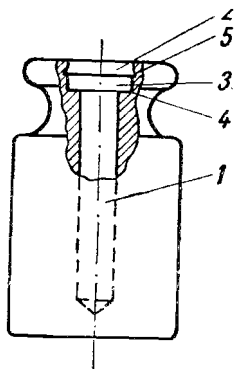


Fig. I.36. Greutăți clase 5, în kg și g din oțel.

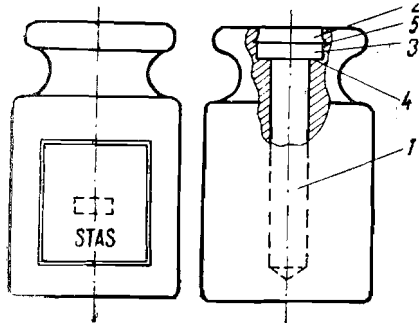


Fig. I.37. Greutăți clase 5, de 5 kg și 1 kg din fontă.

mărcii se stat, așezat pe un disc din tablă de oțel 3. Acest disc, la rîndul lui, se sprijină pe un prag 4. Pentru imobilizarea cepului, cavitatea este prevăzută cu o degajare 5.

Pe toate greutățile se aplică inscripția valorii nominale în kg, g sau mg. Adăugarea simbolului nu este obligatorie. La baza greu-

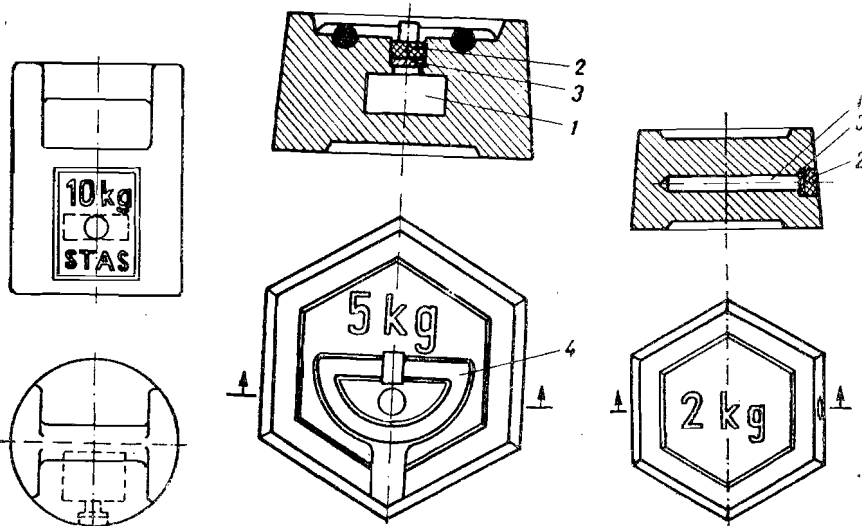


Fig. I.38. Greutăți clase 5, de 20 și 10 kg.

Fig. I.39. Greutăți clase 5, de 20, 10 și 5 kg din fontă.

Fig. I.40. Greutăți clase 5, de 2 kg la 50 g din fontă.

tății se aplică emblema întreprinderii producătoare, precum și numărul standardului în vigoare.

e. **Greutățile clase 5** (fig. I.36, I.37, I.38, I.39, I.40) sînt utilizate la efectuarea cîntărilor curente în comerț și industrie. Greutățile clase 5 cilindrice din oțel de la 20 kg la 1 g (fig. I.36) au aceeași construcție ca și cele din clasa 4, cu deosebirea că suprafața lor se fosfatează sau se brunează pentru a fi mai rezistente la agenții atmosferici.

La greutățile clase 5 cilindrice din fontă (fig. I.37 și I.38), cavitatea de ajustare se închide cu un cep din plumb care trebuie să îndeplinească aceleași condiții ca la greutățile clase 4.

Greutățile în formă de trunchi de piramidă hexagonală (fig. I.39) au la partea lor superioară un mîner de prindere semicircular 4. Cavitatea de ajustare 1 la greutățile din fig. I.39 și I.40 se închide cu un cep de plumb 2 așezat pe o șaibă din tablă de oțel 3, care se sprijină pe un prag amenajat în cavitate.

Greutățile clase 5 au inscripția valorii lor nominale urmată de simbolul respectiv, emblema întreprinderii producătoare și numărul standardului în vigoare.

3. Verificarea maselor

Verificarea maselor etalon și a maselor de lucru cuprinde atît verificarea aspectului exterior și a construcției privind dimensiunile, aderența stratului de protecție, volumul cavității de ajustare, cît și verificarea masei.

Metodele de verificare a masei sînt diferite în funcție de ordinul etaloanelor sau a clasei greutăților de lucru.

Mijloacele de măsurat etalon (ansamblul balanță etalon — masă etalon) care servesc la verificarea diferitelor categorii de mase sînt indicate în tabelul I.10.

Tabelul I.10

Mijloacele de măsurat etalon ce servesc la etalonări (verificări)	
Categoria masei supusă verificării	Categoria maselor etalon și a balanțelor etalon cu care se execută etalonarea — verificarea
Mase etalon secundare de ord. I de 1 kg	Kilogramul prototip național și balanța etalon secundară de ord. I de 1 kg cu citire de la distanță.
Mase etalon secundare de ord. II	Mase și balanțe etalon secundare de ord. II
Mase etalon secundare de ord. III și greutăți clase 1	Mase și balanțe etalon secundare de ord. II
Mase etalon secundare de ord. IV și greutăți clase 2 și 3	Mase și balanțe etalon secundare de ord. III
Mase etalon de lucru și greutăți clase 4	Mase și balanțe etalon secundare de ord. IV.
Greutăți clase 5	Mase și balanțe etalon de lucru.

a. **Metoda intercomparării** se aplică etaloanelor secundare de ord. I de 1 kg (la noi în țară aceste etaloane sînt în număr de patru) prin efectuarea unui număr de comparații ca rezultat al tuturor combinațiilor posibile între etaloanele comparate cîte două. Masa fiecărui etalon se obține prin calcul, utilizînd metoda celor mai mici pătrate.

b. **Metoda etalonării în serie închisă** se aplică etaloanelor secundare de ord. II și constă în compararea sumei totale a maselor din serie cu un etalon secundar de ord. I a cărui valoare nominală este egală cu masa acestei sume. În continuare se efectuează compararea maselor secundare ord. II din serii între ele, și anume se compară fiecare masă etalon cu masele mai mici combinate astfel încît masa acestor combinații să fie egală cu valoarea nominală a masei comparate.

După efectuarea acestor operații, pe baza rezultatelor obținute, se calculează valoarea fiecărei mase în parte, prin rezolvarea unui sistem de ecuații alcătuit din comparațiile executate.

Astfel, pentru seriile cu limitele 500 g la 1 g și 20 kg la 1 kg se folosește, la etalonarea în serie închisă, un etalon de 1 kg, compararea în funcție de limitele și componența seriei efectuîndu-se în ordine descrescătoare pentru seriile în grame și miligrame sau crescătoare pentru seriile în kilograme.

— Pentru seriile în grame:

În cazul unei serii de 500 g de tip C cu piese duble de 100 g (100· g) și 10 g (10· g) a cărei componență alcătuiește suma de kg:

$$\Sigma 1 \text{ kg} = 500 + 200 + 100 + 100 + 50 + 20 + 10 + 10 + 5 + 2 + 1 + 1 + 1 \text{ g}$$

se execută în partea întia a etalonării următoarele combinații

1 kg etalon	= $\Sigma 1 \text{ kg}$
500 g	= $\Sigma 500 \text{ g}$
200 + 50 g	= $100 + 100 + 50 \text{ g}$
200 + 50 g	= $100 + 100 + 50 \text{ g}$
200 g	= $100 + 100 \text{ g}$
200 g	= $100 + \Sigma 100 \text{ g}$
200 g	= $100 + \Sigma 100 \text{ g}$
100 + 50 g	= $100 + \Sigma 50 \text{ g}$
100 + $\Sigma 50 \text{ g}$	= $100 + 50 \text{ g}$
100 g	= 100 g
100 g	= $50 + \Sigma 50 \text{ g}$
100 g	= $50 + \Sigma 50 \text{ g}$
50 g	= $\Sigma 50 \text{ g}$

În continuare se etalonează și celelalte două părți ale seriei, pentru partea a doua efectuînd aceleași comparații ca în partea întia pentru piesele de 20 g la 5 g, iar în partea a treia efectuînd cele șase combinații posibile cu piesele de 2 g și 1 g. După efectuarea acestor comparații, pe baza rezultatelor obținute se calculează valoarea fiecărei piese în parte, cu ajutorul unor relații obținute din rezolvarea sistemului de ecuații alcătuit din comparațiile executate.

— Pentru seriile în miligrame se execută aceleași comparații ca pentru masele în grame, cu deosebirea că etalonul folosit este de 1 g.

— Pentru seriile în kilograme:

În cazul unei serii de 20 kg de tip A (piesele duble sînt de 2 kg (2· kg) cu componențe:

$$20 \text{ kg} + 10 \text{ kg} + 5 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 2 \text{ kg} + 1 \text{ kg}$$

se folosește etalonul de 1 kg și se efectuează următoarele comparații în cadrul seriei:

1 kg etalon	= 1 kg
1 kg etalon + 1 kg	= 2 kg
1 kg etalon + 1 kg	= 2· kg
1 kg + 2 kg + 2· kg	= 5 kg
1 kg + 2 kg + 2· kg + 5 kg	= 10 kg
1 kg + 2 kg + 2· kg + 5 kg + 10 kg	= 20 kg

c. **Metoda etalonării în serie închisă restrînsă** se aplică etaloanelor secundare de ord. III și greutateilor clasa 1 folosind tot un etalon de 1 kg pentru seriile în grame, respectiv 1 g pentru seriile în miligrame, cu deosebirea că numărul combinațiilor între piesele seriei este mai redus, ceea ce conduce la un sistem de ecuații mai restrîns și la un calcul mai simplu. De exemplu pentru seria de 500 g de tip C se efectuează în total 13 combinații față de 31 (necesare la metoda seriei închise pentru etaloanele secundare de ord. II).

Seriile în kilograme se etalonează în modul arătat la punctul b.

d. **Metoda dublei cîntării Borda sau metoda tarei** se folosește la etalonarea maselor etalon secundare de ord. IV și a maselor etalon de lucru mai mare de 20 kg, de asemenea la verificarea greutateilor clasa 2, 3, 4 și 5. Pentru toate aceste mase, etaloanele folosite sînt indicate în tabelul I.10.

Metoda constă în compararea fiecărei mase de serie M_p cu o masă etalon M_e de aceeași valoare nominală, echilibrarea făcîndu-se cu o tară T , iar pozițiile de echilibru P determinîndu-se conform relației (29) din citirea a trei elongații consecutive în cazul balanțelor cu

indicație directă, și a relației (30) în cazul balanțelor cu indicație prin proiecție din citirea consecutivă a trei poziții de echilibru:

$$P = \frac{e_1 + 2e_2 + e_3}{4} \quad (29)$$

$$P_{med} = \frac{P' + P'' + P'''}{3} \quad (30)$$

Prima cîntărire se efectuează cu etalonul așezat pe un taler și tara pe celălalt, determinîndu-se poziția de echilibru P_1 .

A doua cîntărire se efectuează înlocuind etalonul cu masa de verificat, tara rămînînd aceeași, și se determină poziția de echilibru P_2 .

Sînt situații cînd în urma înlocuirii greutăților pentru obținerea echilibrului este necesară adăugarea unor mase „m”, care se scad din masa obținută dacă sînt așezate pe același taler cu masa de verificat și se adună cînd sînt pe talerul opus.

A treia cîntărire se efectuează pentru a determina valoarea în unități de masă a diviziunii balanței, prin adăugarea unei suprasarcini s capabilă să modifice poziția de echilibru P_2 cu 3 pînă la 5 diviziuni, obținîndu-se poziția de echilibru P_3 .

Valoarea diviziunii se calculează astfel:

$$V_d = \frac{s}{P_3 - P_2} \quad \text{sau} \quad V_d = \frac{s}{P_2 - P_1} \quad (31)$$

folosindu-se una din relațiile care determină o valoare pozitivă a fracției.

Valoarea efectivă a masei de verificat M_v se calculează conform relației (32):

$$M_v = M_e + (P_2 - P_1)V_d \quad (32)$$

constatîndu-se dacă se încadrează în erorile tolerate stabilite pentru diferitele categorii de mase în instrucțiunile de verificare.

e. **Metoda Mendeleev sau metoda sensibilității constante** este tot o metodă de dublă cîntărire care se aplică la verificarea maselor etalon de lucru mai mici de 20 kg, precum și a greutateților clasa 4 și 5.

Prin această metodă se lucrează la limita maximă a balanței, ceea ce face ca sensibilitatea (valoarea diviziunii) să fie constantă indiferent de valoarea piesei verificate, procedîndu-se astfel:

— se așază pe unul din talerele balanței mase etalon a căror valoare totală este egală cu limita maximă a balanței, echilibrarea obținîndu-se cu o tară așezată pe celălalt taler;

- se scoate din totalul maselor etalon masa etalon M_e de aceeași valoare nominală cu masa de verificat M_v fără a se modifica tara;
- în locul masei M_e se așază masa de verificat M_v ;
- în continuare se aplică același procedeu de lucru și calcul relația (32) descris anterior la metoda tarei.

Verificarea cunoștințelor

1. Să se precizeze ce sînt măsurile de masă, precum și motivele care au condus ca aceste măsuri să fie denumite impropriu, chiar în literatura de specialitate, greutateți.
2. Cum se clasifică măsurile de masă și după ce criterii?
3. Să se precizeze care dintre valorile de mai jos există în componența seriilor de greutateți, utilizate în mod curent:
 - 100 kg? — 500 g?
 - 3 kg? — 0,5 mg?
 - 260 mg?
4. Care sînt criteriile după care s-au stabilit valorile maselor?
5. Ce se înțelege prin serii de greutateți și de cîte feluri pot fi acestea?
6. Avînd la dispoziție o serie de greutateți clasa 4 de 1 000 g de tip B, ce greutateți se vor utiliza pentru a cîntări 944 g?
7. Ce se înțelege prin trusă de greutateți?
8. Să se arate criteriile după care s-a stabilit schema de transmitere a unității de masă.
9. Cum se clasifică masele etalon și după ce criterii?
10. Din ce materiale se construiesc masele etalon? Ce forme constructive se preferă? Care sînt motivele?
11. Cum se păstrează și se folosesc masele etalon?
12. Masele etalon secundare de ordinul III, în kg și g, au cavități de ajustare:
 - Da, pentru că masa lor să poată fi ajustată?
 - Nu, deoarece volumul lor nu s-ar mai putea determina prin metoda hidrostatică?
13. Din ce materiale sînt construite, cum se păstrează și se utilizează greutatețile de lucru?
14. Ce material se poate utiliza pentru ajustarea greutateților clasa 2 și 3:
 - Plumb?
 - Praf de nichel?
 - Pilitură de cositor pur?
 - Aliaje de plumb?
15. Dar pentru ajustarea greutateților, clasa 4 și 5?

16. La greutățile clasa 2, butonul de prindere, care închide cavitatea de ajustare, este asigurat cu un cep din material inoxidabil, pentru a nu se modifica masa greutăților?

— Nu, deoarece personalul care manipulează astfel de greutăți are o calificare superioară sau de specialitate, neavînd nici un interes să umble la cavitate, în scopul falsificării masei greutăților.

— Da, pentru remedierea masei greutăților, pe cep aplicîndu-se marca de verificare?

CAPITOLUL V APARATE DE CÎNTĂRIT

A. CLASIFICAREA APARATELOR DE CÎNTĂRIT

Aparatele de cîntărit se pot clasifica după un mare număr de criterii, astfel:

În funcție de *soluțiile de principiu care stau la baza construcției*:

- aparate de cîntărit cu pîrghii;
- aparate care funcționează în baza a diverse traductoare, altele decît pîrghiile.

În funcție de *erorile tolerate*, aparatele de cîntărit se împart în patru clase de precizie: specială, superioară, medie și inferioară.

În funcție de *modul de prelucrare și prezentare a semnalelor* se împart în:

- aparate analogice;
- aparate digitale.

Un alt criteriu de clasificare are în vedere *modul de măsurare a masei*:

- aparate care măsoară direct masa;
- aparate care măsoară indirect masa.

Despre acestea din urmă se poate preciza:

a) *Aparatele de cîntărit care măsoară direct masa* sînt aparate cu pîrghii. După cum s-a arătat, aceste aparate determină masa corpu-

lor, independent de gravitația locului în care se face măsurarea. Măsurarea se realizează prin egalarea momentului greutății corpului de cîntărit (sau a unei fracțiuni determinată din acesta) cu momentul greutății măsurilor de masă, sau cu momentul unor greutăți constante, care acționează asupra pîrghiei de echilibrare.

Potrivit STAS 3960/1—71 „Aparate de cîntărit cu pîrghii. Clasificare”, aceste aparate se împart în balanțe și bascule.

Balanțele sînt aparate la care egalitatea momentelor este determinată printr-o singură pîrghie, pe care acționează greutatea corpului de cîntărit; celelalte pîrghii, dacă există, servesc numai la transmiterea sau la concentrarea forțelor. Brațele de pîrghie la balanțe pot fi egale sau neegale. Aceste aparate sînt, în general, utilizate pentru cîntărirea corpurilor de masă mică sau puțin voluminoase.

Basculele sînt aparate de cîntărit la care egalitatea momentelor este determinată printr-un sistem de pîrghii. Brațele acestor pîrghii sînt neegale. Basculele sînt utilizate pentru determinarea masei corpurilor grele sau voluminoase.

b) *Aparatele de cîntărit care măsoară indirect masa*, prin măsurarea greutății, sînt mai puțin răspîndite decît aparatele de cîntărit cu pîrghii, cu toate că prezintă unele avantaje, dintre care menționăm faptul că sînt mai robuste și mai simple, ocupă un volum mai redus și măsoară mai rapid decît aparatele cu pîrghii. Reprezentanții tipici ai acestei categorii sînt atît aparatele cu doze tensometrice*, cît și cîntarele cu arc (cîntare dinamometrice) care datorită preciziei scăzute nu sînt admise spre folosire în tranzacții comerciale. Masa indicată de aceste aparate depinde de valoarea locală a accelerației. Datorită avantajelor semnalate, aceste aparate sînt utilizate cu bune rezultate în diverse procese tehnologice și aplicații, în care precizia lor este satisfăcătoare.

Un alt criteriu de clasificare are în vedere construcția *dispozitivului de indicare a poziției de echilibru*, respectiv a rezultatului cîntării. Din acest punct de vedere, aparatele de cîntărit pot fi:

- fără scară gradată;
- cu scară gradată.

În sfîrșit, în funcție de *gradul de automatizare al procesului de cîntărire*, aparatele de cîntărit se clasifică în aparate:

- cu funcționare neautomată;
- cu funcționare semiautomată;
- cu funcționare automată;

* Aceste aparate vor fi studiate în Capitolul VI.

respectiv, în cazul aparatelor de cîntărit cu scară gradată, se clasifică suplimentar în aparate:

- cu echilibrare neautomată;
- cu echilibrare semiautomată;
- cu echilibrare automată.

Pentru a înțelege această ultimă clasificare trebuie avut în vedere că procesul de cîntărire se compune dintr-o serie de secvențe: încărcarea receptorului de sarcină, echilibrarea sistemului de pîrghii (în cazul aparatelor cu pîrghii), afișarea (indicarea) rezultatului cîntăririi, descărcarea sarcinii cîntărite de pe receptorul de sarcină.

Prin funcționare, în clasificarea susmenționată se are în vedere modul în care se realizează încărcarea, respectiv descărcarea receptorului de sarcină. Astfel, de exemplu, o balanță analitică cu proiecție sau o balanță (basculă) semiautomată se consideră aparate de cîntărit cu funcționare neautomată, deoarece operațiile de încărcare respectiv descărcare se realizează manual. În funcție de automatizarea parțială sau totală a acestor operații, aparatele de cîntărit devin aparate cu funcționare semiautomată sau automată.

Prin echilibrare, în clasificarea menționată, pentru cazul aparatelor de cîntărit cu pîrghii și scară gradată se are în vedere modul în care se obține cuplul de echilibrare. Astfel, în cazul aparatelor de cîntărit cu echilibrare neautomată acest cuplu se realizează prin deplasarea manuală a unui cursor de echilibrare, spre deosebire de aparatele de cîntărit cu echilibrare automată la care atît cuplul de echilibrare cît și indicarea rezultatului cîntăririi se realizează automat, adică fără nici o contribuție a operatorului. Între aceste două extreme se situează aparatele de cîntărit cu echilibrare semiautomată, la care se realizează o echilibrare automată a dispozitivului de indicare, asociată cu deplasarea unor greutăți adiționale de către operator, în toate acele cazuri cînd sarcina cîntărește limita maximă de cîntărire a dispozitivului de cîntărire.

Se precizează că aceste criterii de clasificare sînt comune atît aparatelor de cîntărit cu pîrghii cît și celor care funcționează în baza diverselor traductoare.

B. APARATE DE CÎNTĂRIT CU ECHILIBRARE NEAUTOMATĂ ȘI SEMIAUTOMATĂ

Această categorie de aparate este ilustrată prin: balanțe simple, balanțe compuse, balanțe romane, bascule zecimale, bascule romane, toate aceste aparate fiind cu funcționare neautomată.

1. Balanțe simple

Balanțele simple sînt aparate de cîntărit care au ca parte componentă o pîrghie cu brațe egale, iar talerele sînt situate sub această pîrghie.

După construcție și utilizare, balanțele simple se împart în două categorii, și anume:

- balanțe simple de lucru;
- balanțe etalon.

1) *Balanțele simple de lucru* sînt balanțele care se utilizează la efectuarea cîntăririlor curente în laboratoare, industrie, comerț. După precizia cu care efectuează cîntăririle, aceste balanțe se împart în următoarele categorii:

- balanțe clasa 1;
- balanțe clasa 2;
- balanțe clasa 3;
- balanțe clasa 4;
- balanțe clasa 5.

a. **Balanțele clasa 1 și 2** denumite și balanțe microanalitice, respectiv analitice, sînt balanțele simple cu o sensibilitate mare, utilizate în laboratoare la efectuarea cîntăririlor de precizie ridicată. Ele se construiesc de diferite tipuri; diferențierea se face după limitele maxime de cîntărire pentru care sînt construite, după felul cum se face citirea indicațiilor, după precizia de cîntărire etc.

După modul cum sînt citite rezultatele cîntăririi, balanțele analitice se împart în:

- balanțe analitice cu indicație directă;
- balanțe analitice cu indicație prin proiecție.

Limitele maxime de cîntărire pentru care se construiesc balanțele microanalitice sînt: 20 g și mai mici, iar pentru cele analitice, de 20 g și 100 g.

a) *Balanțele analitice cu indicație directă* sînt, din punct de vedere constructiv, cele mai simple balanțe analitice. În figura I.41 este reprezentată o balanță de 200 g limită maximă de cîntărire, iar în figura I.42 o balanță microanalitică cu indicație directă, avînd limita maximă de cîntărire de 20 g. Construcția acesteia este asemănătoare cu aceea a balanței analitice de 200 g, piesele microbalanței avînd însă dimensiuni mai mici. Sensibilitatea microbalanței este de 10 pînă la 100 de ori mai mare decît aceea a balanțelor analitice. Pentru a se putea citi cele mai mici devieri ale acului indicator, balanța este

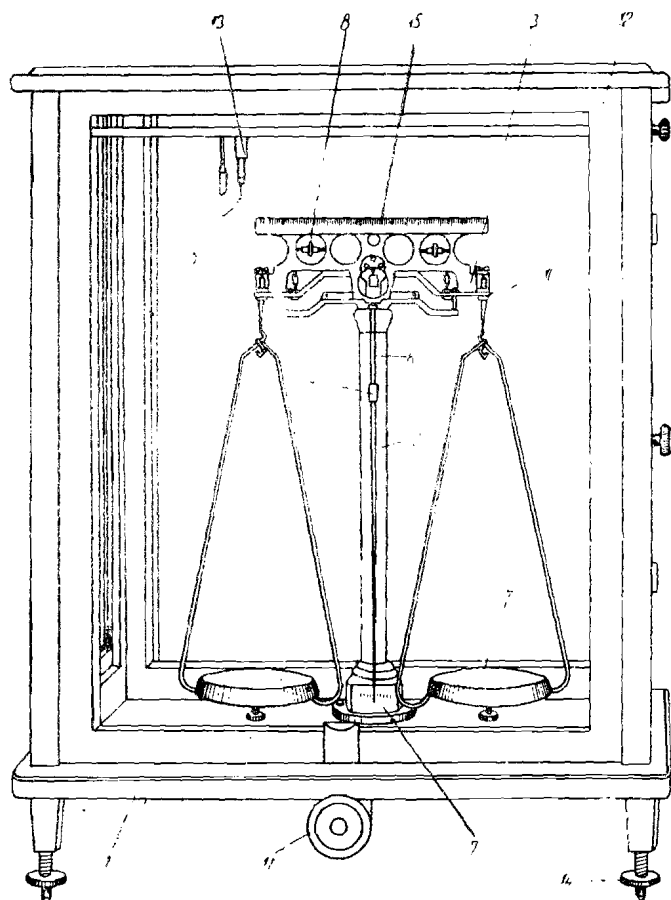


Fig. I.41. Balanță analitică (clasa 2) cu indicație directă.

înzestrată cu o scară gradată, numită *microscară*, cu un microscop 1, care permite citirea deplasării microscării, față de un reper fix al său. Pîrghia balanței are o scară gradată pentru cîlăreți, ale cărei repere sînt citite cu lupa 2. Balanța este dotată și cu amortizoare cu aer 3.

b) *Balanțele analitice cu indicația prin proiecție.* În afară de balanțele analitice descrise pînă acum există balanțe analitice de construcție mai complexă, care sînt prevăzute cu un dispozitiv optic, avînd

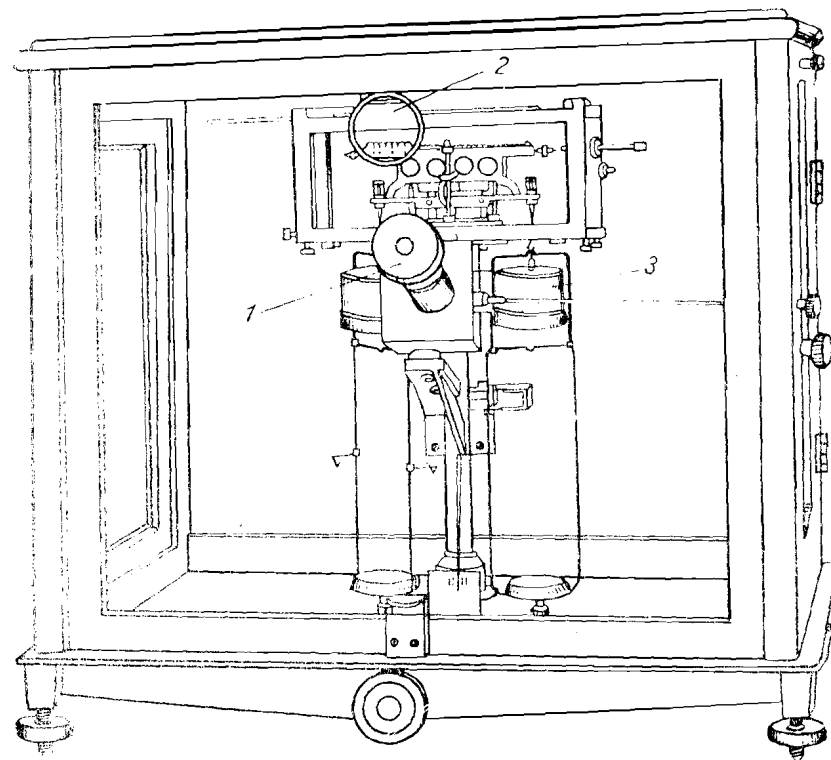


Fig. I.42. Balanță microanalitică (clasa 1) cu indicație directă.

rolul de a ușura operația de cîntărire și de a ridica precizia citirii indicațiilor balanței.

În afară de dispozitivul amintit, aceste balanțe mai au și alte dispozitive auxiliare, construcția balanței propriu-zise ne reprezentînd însă deosebiri esențiale față de balanțele cu indicație directă.

La unele din aceste balanțe cu indicație prin proiecție (fig. I.43) scara gradată este trasată pe un material transparent și este fixată pe acul indicator. Microscara este proiectată de un fascicul luminos pe un ecran 1 din sticlă translucidă, montat la postament, pe care sînt trasate unul sau mai multe repere.

Cele mai moderne tipuri de balanțe analitice cu indicație prin proiecție (fig. I.44) se construiesc cu un singur taler 1 pe care se așază corpul de cîntărit. Celălalt taler este înlocuit cu un suport care

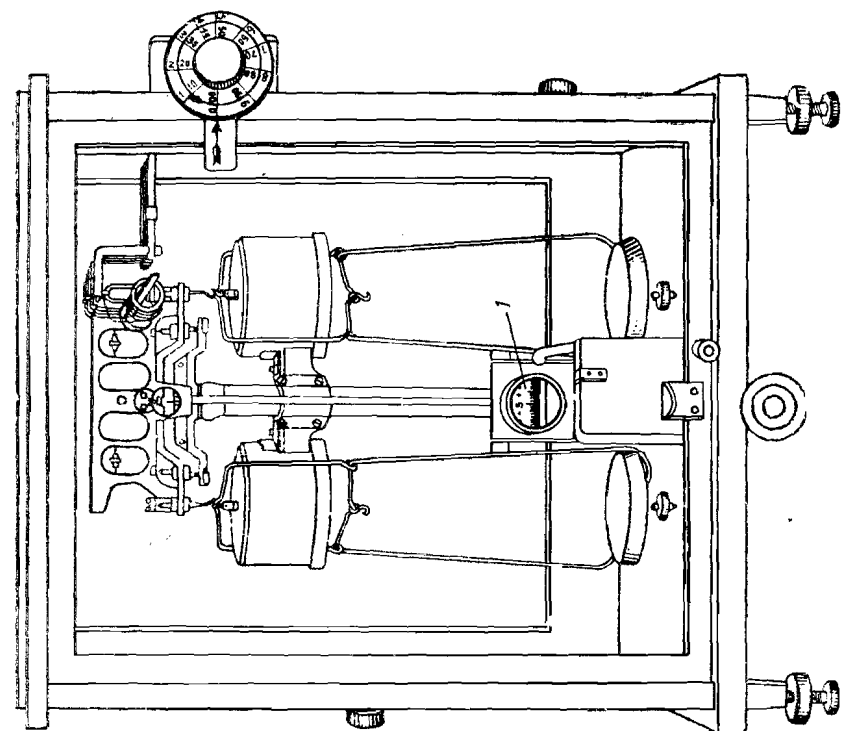


Fig. 1.43. Balanță analitică cu indicație prin proiecție cu două talere și așezare mecanică a greutăților, în miligrame.

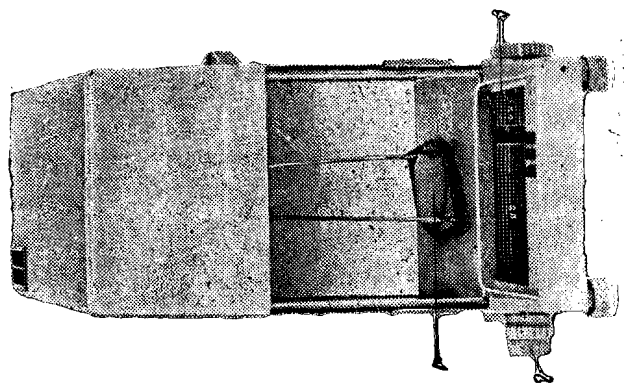


Fig. 1.44. Balanță analitică cu indicație prin proiecție cu un taler și greutate adițională.

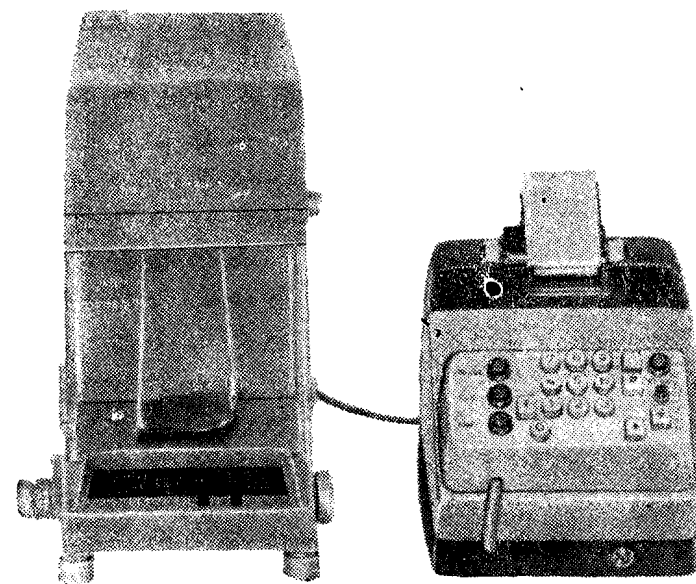


Fig. 1.45. Balanță analitică cu indicație prin proiecție cu imprimare.

se găsește în interiorul balanței și pe care se așază greutatele adiționale, cu ajutorul unui dispozitiv special, acționat de butoanele 2, din exteriorul balanței. Citirea indicațiilor se face pe un ecran 3. Limita maximă de cîntărire a acestei balanțe este de 200 g.

✓ O variantă perfecționată a balanței analitice cu un singur taler este prezentată în figura 45. Balanța este prevăzută cu un dispozitiv de codare electromecanică, care, fără să influențeze condițiile de cîntărire, furnizează la ieșire sub forma unui cod (o combinație de semnale electrice) rezultatul cîntăririi. Semnalul electric obținut la acest dispozitiv de codare este aplicat unui minicalculator, prevăzut cu memorie și imprimantă. Acest ansamblu face posibil ca pe o bandă de hîrtie să se obțină automat valorile imprimate ale terei, ale masei totale, respectiv a diferenței dintre acestea, adică masa efectiv cîntărită (masa netă).

Balanța microanalitică cu indicație prin proiecție și așezarea mecanică a greutăților este prezentată în figura 1.46. La această balanță se remarcă faptul că pentru creșterea preciziei, compartimentul în care se găsește pîrghia 1 este izolat de compartimentul în care se găsesc talerele. În balanță se află un dispozitiv special 2 care preia, în afara acesteia, corpul de cîntărit și îl așază mecanic pe talerul de sarcină.

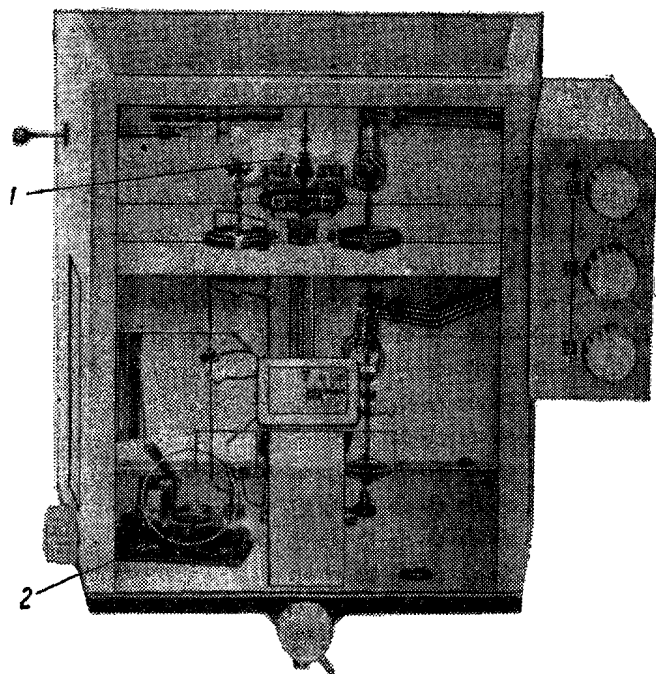


Fig. I.46. Balanță microanalitică cu indicație prin proiecție și greutate adiționale.

O ultramicrobalanță (fig. I.47) cu limita maximă de cîntărire de 10 mg este destinată efectuării cîntăririlor cu precizia de $0,1 \mu\text{g}$. Pîrghia și talerul sînt mult ușurate fiind realizate din aluminiu. Pentru eliminarea influenței temperaturii mediului ambiant, balanța este prevăzută cu trei incinte interioare succesive termoizolante. Accesul la taler se face prin capacul 1. O sursă exterioară de lumină artificială trebuie adusă în dreptul oglinzii 2, care reflectă raza de lumină pe o microscară fixată solidar cu pîrghia. Imaginea microscării este citită prin ocularul unui microscop 3.

Dispozitivele auxiliare la balanțele analitice. După cum s-a văzut, balanțele analitice sînt înzestrate cu unele dispozitive care ajută pe operator să efectueze cîntărirea în condiții cît mai corespunzătoare. Acestea sînt dispozitivele pentru: manipularea călăreților, așezarea mecanică a greutăților adiționale etc.

— *Dispozitivele pentru manipularea călăreților* (13 fig. I.41) servesc la așezarea călăreților pe o scară gradată trasată pe pîrghie sau pe o riglă gradată (15 fig. I.41) solidară cu pîrghia. Călăreții au valorile masei de 10, 5 și, mai rar, de 1 mg. Cu ajutorul călăreților se pot măsura diferențe mici de masă, de $0,1 \text{ mg}$ sau chiar de $0,01 \text{ mg}$.

Scările gradate pentru călăreți au, de obicei, 100 diviziuni, cîte 50 diviziuni pe fiecare braț. Reperele extreme ale scării gradate sînt trasate în planurile verticale care trec prin muchiile cuțitelor marginale ale pîrghiei, iar reperul din mijloc este trasat în planul vertical al muchiei cuțitului central.

Reperul zero se poate găsi la mijlocul scării gradate, cînd reperele extreme sînt numerotate cu 50; în acest caz, scara gradată este bilaterală. Dacă reperul zero se găsește la extremitatea din stînga a scării, reperul din mijloc este numerotat cu 50, iar reperul din extrema dreaptă, cu 100; în acest caz, scara gradată este unilaterală.

La scările gradate bilateral, așezarea călărețului de 10 mg pe reperul 50 din stînga, de exemplu, echivalează cu încărcarea talerului din stînga a balanței cu o masă de 10 mg. Momentul greutății călărețului față de axa de oscilație este egal cu masa călărețului înmulțită cu lungimea întregului braț, adică $10 \times 1 \text{ l}$. Așezarea aceluiași călăreț pe reperul 25 din stînga adică la jumătatea brațului, echivalează cu încărcarea talerului din stînga cu 5 mg, momentul fiind $10 \times 0,5 \text{ l}$. Făcînd același raționament, așezarea călărețului pe reperul 7 echivalează cu încărcarea talerului respectiv cu $0,2 \text{ mg}$, deoarece momentul este $10 \times 1/50 \text{ l}$.

Deci, întrebuițînd un călăreț cu masa de 1 mg, se pot măsura variații de masă de $0,02 \text{ mg}$.

La scările gradate unilateral, cu care se prevăd, de obicei, balanțele microanalitice, călărețul, dacă nu este folosit la cîntărire, trebuie să se găsească pe reperul zero. De asemenea, atunci cînd se echili-

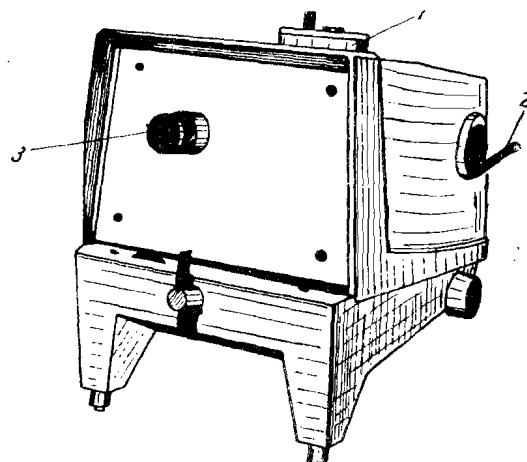


Fig. I.47. Ultramicrobalanță.

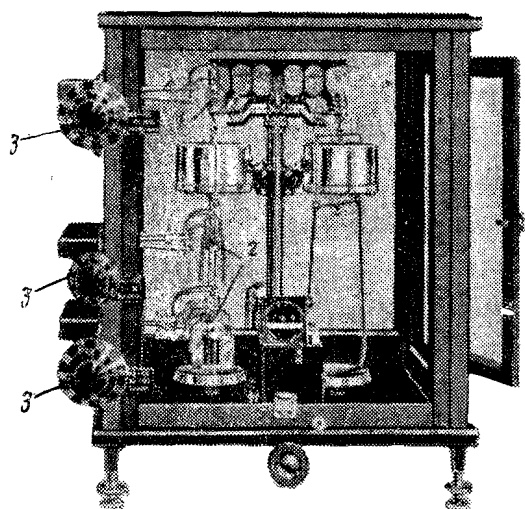


Fig. 1.48. Balanță analitică cu indicație prin proiecție și așezarea mecanică a greutăților până la limita maximă de cîntărire.

din stînga și s-ar fi adăugat pe talerul din dreapta. În acest caz, momentul este $5 \times 1 \text{ l}$.

Deplasarea călărețului numai cu o singură diviziune echivalează cu ridicarea sau așezarea unei mase de 0,1 mg.

— *Dispozitivele pentru așezarea mecanică a greutăților adiționale* servesc la echilibrarea balanței din afara cutiei, prin așezarea mecanică a unor greutăți de formă specială pe una sau mai multe tije, fixate la una din paftalele balanței sau la vergelele de suport ale talerului respectiv. Astfel, se înlocuiește operația de așezare manuală a greutăților pe taler.

La balanța analitică cu indicație prin proiecție și așezarea mecanică a greutăților din figura 1.48 dispozitivele pentru manevrarea greutăților sînt constituite din:

— trei suporturi, dintre care primul 1, fixat la pafta, servește la așezarea greutăților în miligrame, iar celelalte două 2 sînt fixate de vergelele suport ale talerului și servesc la așezarea greutăților în grame;

— discurile circulare 3, pentru acționarea greutăților adiționale.

Pe aceste discuri sînt înscrise valorile greutăților adiționale.

▼ **b. Balanțele clase 3, 4 și 5** servesc pentru anumite cîntăriri, la care nu se poate cere o precizie așa mare ca aceea obținută cu balan-

tează balanța neîncărcată, călărețul trebuie să se găsească așezat pe reperul zero.

Masa călărețului utilizat la scările gradate unilateral este de două ori mai mică decît la cele cu scara gradată bilateral, adică este de 5 mg. Deplasarea călărețului pe reperul 100, din partea dreaptă a scării gradate, echivalează cu așezarea pe talerul din dreapta al balanței a unei greutăți de 10 mg, momentul fiind $5 \times 2 \text{ l}$.

Același călăreț de 5 mg așezat pe reperul 50 de la mijlocul scării gradate lucrează ca și cum s-ar fi luat o masă de 5 mg de pe talerul

te analitice. Aceste balanțe au o execuție mai puțin pretențioasă, corespunzătoare cerințelor respective.

Ⓐ *Balanțele clase 3* au o construcție în principiu asemănătoare cu a balanțelor analitice. Se utilizează în laboratoare pentru efectuarea cîntăririlor tehnice de precizie corespunzătoare. De obicei nu au amortizoare și nici dispozitive de indicație prin proiecție.

În figura 1.49 este reprezentată o balanță clase 3 cu dispozitiv 1 pentru așezarea mecanică a greutăților adiționale.

Balanțele clase 3 se construiesc cu următoarele limite maxime de cîntărire: 10 g, 20 g, 100 g, 200 g, 500 g, 1 kg, 2 kg, 20 kg și 50 kg.

Ⓑ *Balanțele clase 4* sînt utilizate în laboratoare, pentru efectuarea cîntăririlor tehnice, și în farmacii. Aceste balanțe pot fi cu coloană sau suspendate. Cele suspendate pot fi, la rîndul lor, cu sau fără cursor.

Ⓒ *Balanțe clase 4 cu coloană.* După cum se vede în figura 1.50, balanța clase 4 cu coloană are următoarele părți componente principale: un postament 1, format dintr-o placă masivă de lemn sau metal, o pîrghie simplă 2 cu brațe egale, prevăzută cu acul indicator 9, o coloană 3, pe care se sprijină pîrghia, talerele 4 suspendate la extremitățile pîrghiei, prin intermediul paftalelor 5 și al vergelelor de suport 6. Balanța este dotată cu dispozitiv de izolare, acționat de butonul 7 și cu fir cu greutate 8.

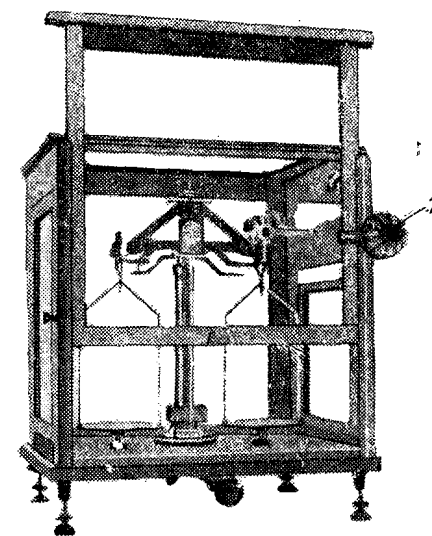


Fig. 1.49. Balanță clase 3 cu greutăți adiționale.

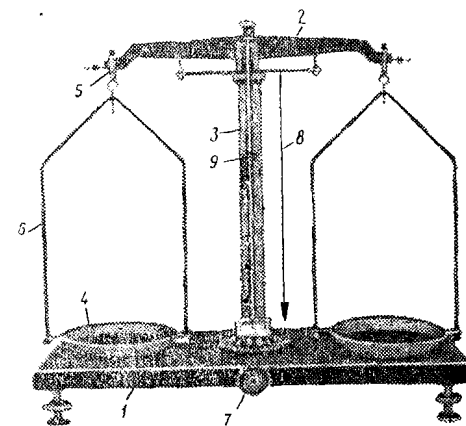


Fig. 1.50. Balanță clase 4 cu coloană.

Aceste balanțe nu au, în general, cutie de protecție și pot fi fără dispozitiv de izolare.

Balanțele se construiesc cu următoarele limite maxime de cântărire : 5 g, 20 g, 100 g, 500 g, 1 kg, 2 kg, 5 kg, 10 kg și 20 kg.

d) *Balanțele clasa 4 cu un taler și indicație prin proiecție* realizează performanțe de vîrf în categoria acestor aparate, prin rapiditatea și precizia cu care efectuează cîntăririle. Schema unei asemenea balanțe este redată în figura I.51 în care 1 — este o pîrghie cu brațe neegale, avînd două cuțite unul de sarcină și unul de sprijin. La brațul lung este montată o contragreutate, amortizorul 2 și microscara 3. La brațul scurt sînt montate greutatea adițională 4 și talerul 5.

Sistemul optic constituit din bec, condensor, microscară, obiectiv, lentile și oglinzi proiectează imaginea microscării pe ecranul 6. Carcasa balanței închide toate componentele balanței, în exterior rămînînd numai talerul și ecranul pe care se proiectează microscara.

e) *Balanțele clasa 4 suspendate fără cursor* (fig. I.52) se deosebesc de balanțele cu coloană prin aceea că postamentul și coloana, ca elemente de susținere a pîrghiei, sînt înlocuite cu paftaua de suspendare 1, care are două pernițe. De această paftă, balanța se poate ține cu mîna sau suspenda de un suport. Poziția de echilibru a balanței este arătată de indicatorul 2, mascat complet de paftaua de suspendare, cînd balanța este în poziție normală de echilibru. La aceste

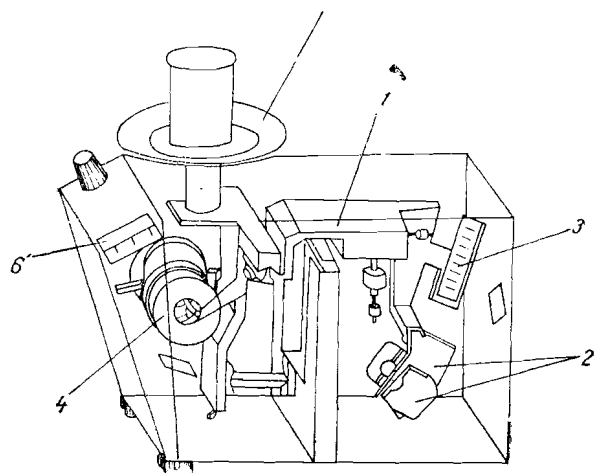


Fig. I.51. Balanță clasa 4 cu un taler și indicație prin proiecție.

balanțe, talerele sînt suspendate, de obicei, prin cerceii 3, piesă din sîrmă de oțel avînd forma unui S. În general, talerele 4 sînt confecționate dintr-un material plastic, fiind suspendat de cercei prin intermediul unor șnururi 5.

Balanțele clasa 4 suspendate fără cursor se construiesc cu următoarele limite maxime de cîntărire : 1 g, 2 g, 5 g, 10 g, 20 g, 50 g și 100 g.

f) *Balanțele clasa 4 suspendate cu cursor* (fig. I.53) se deosebesc de cele fără cursor prin aceea că pe unul din brațele pîrghiei este trasată o scară gradată pe care se deplasează o greutate fixă 1, denumită *cursor de echilibrare*. Valorile diviziunilor scării gradate pot fi în grame, centigrame sau miligrame.

Cîntărirea la aceste balanțe se efectuează fie numai cu ajutorul cursorului, atunci cînd masa corpului de cîntărit este egală sau mai mică decît limita superioară a scării gradate, fie cu ajutorul greutăților clasa de fabricație 4 și ale cursorului, în cazul unui corp de masă mai mare.

g) *Balanțe de cereale*. Din categoria balanțelor clasa 4 fac parte balanțele de cereale care au unele piese modificate și adaptate nevoilor impuse de utilizare.

Balanțele de cereale sînt

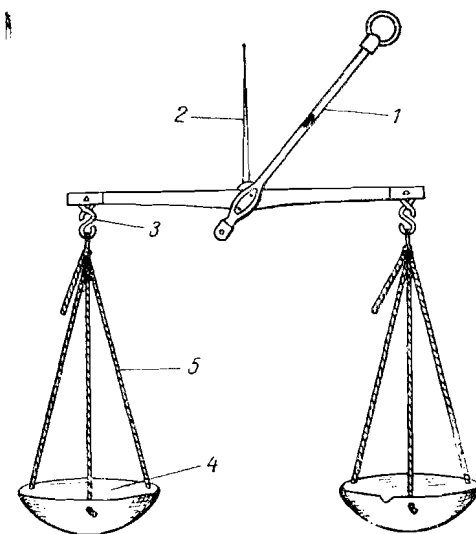


Fig. I.52. Balanță clasa 4 suspendată fără cursor.

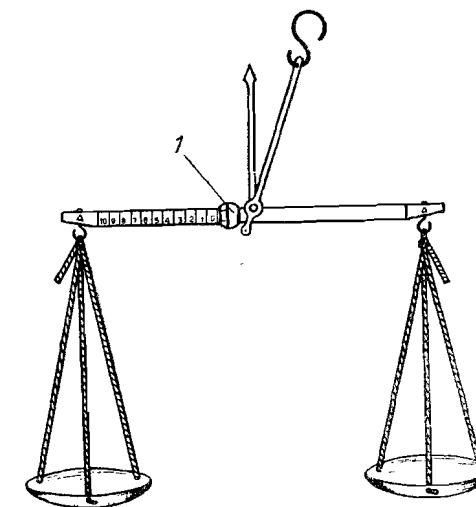


Fig. I.53. Balanță clasa 4 suspendată cu cursor.

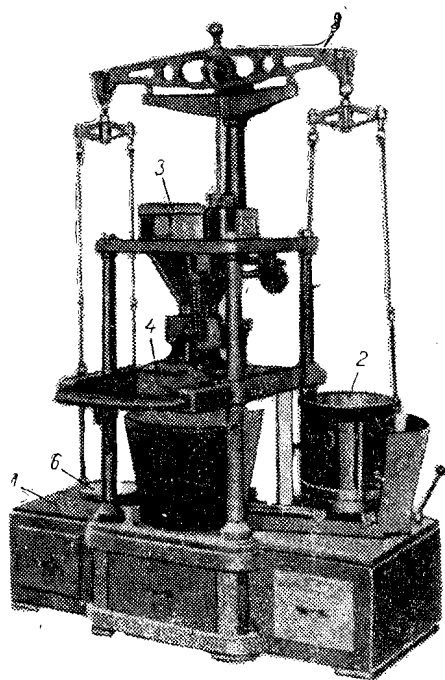


Fig. 1.54. Balanță etalon de cereale de 20 l:
1 — postament; 2 — vas-măsură; g — pilaie;
4 — cuțit de radere; 5 — pîrghie; 6 — taler.

etalon național și cu ajutorul ei se determină masa hectolitrică a cerealelor.

Balanța de cereale cu bloc de 1 l (fig. 1.55) are următoarele părți componente importante:

— postamentul 1, cu dispozitivul de fixare 2, a vasului măsură 4; balanța simplă avînd pîrghia 3, cu talerul pentru greutăți în stînga și vasul măsură 4 în dreapta; cuțitul de radere 6, care se introduce în fanta 5 de la vasul măsură; blocul 7; tubul de umplere 8, care se așază peste vasul măsură; eprubeta 9; o trusă de greutăți de la 500 g — 100 mg.

Balanțele de cereale cu bloc de 1 l, deși destul de răspîndite, se construiesc astăzi mai rar, deoarece turnarea manuală a cerealelor în tubul de umplere nu poate asigura o tasare omogenă a cerealelor, lucru esențial la determinarea corectă a masei volumice cu balanțele de cereale. Pentru acest motiv a început construcția balanțelor de

aparate de cîntărit pentru determinarea masei volumice a cerealelor. Prin masa volumică se înțelege masa unui litru de cereale, exprimată în grame. Această mărime depinde nu numai de calitatea grîului, dar și de umiditatea sa.

Aceste balanțe sînt folosite la achiziționarea produselor cerealiere, unde stabilirea masei volumice este un factor foarte important atît pentru economia țării cît și pentru calitatea produselor derivate.

La noi în țară sînt utilizate mai multe feluri de balanțe de cereale, și anume: cu bloc, cu bloc și clapetă și cu dispozitiv regulator de umplere.

Pentru transmiterea unității de masă volumică a cerealelor se utilizează ca etalon de referință o balanță etalon de cereale de 20 l (fig. 1.54), care se găsește la Institutul național de metrologie.

Această balanță constituie un

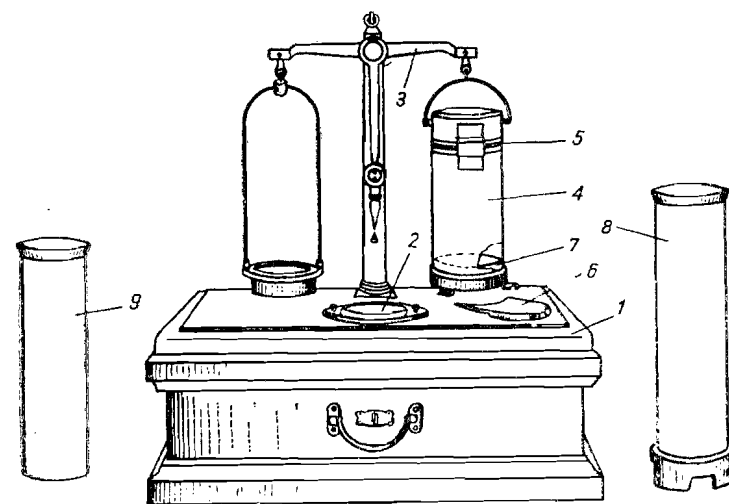


Fig. 1.55. Balanță de cereale cu bloc, de 1 l.

cereale la care turnarea cerealelor în tubul de umplere se realizează mecanic, acestea fiind balanțe cu bloc și clapetă.

— *Balanțele de cereale cu bloc și clapetă*, de 1 l (fig. 1.56) au aceleași părți componente ca și balanțele cu bloc, deosebindu-se însă de acestea prin construcția eprubetei. Aceasta este prevăzută la partea inferioară cu o pîlnie fixă 1, al cărei orificiu este închis sau deschis cu ajutorul unei clapete mecanice 2. Eprubeta cu clapetă se așază deasupra tubului de umplere și, apoi, prin manipularea clapetei, se lasă să curgă cerealele în tubul de umplere. Se elimină astfel erorile datorite modului de turnare a cerealelor.

Balanțele de cereale

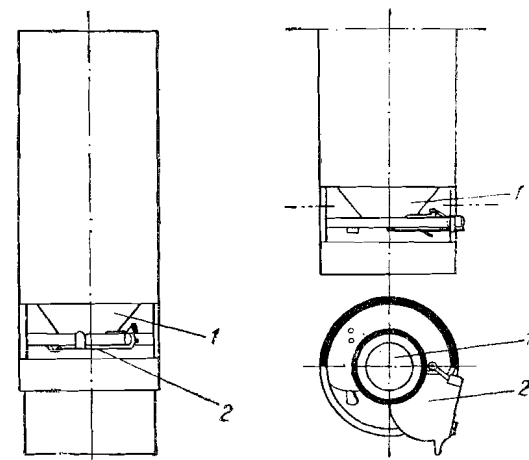


Fig. 1.56. Componentele balanței de cereale cu bloc și clapetă de 1 l.

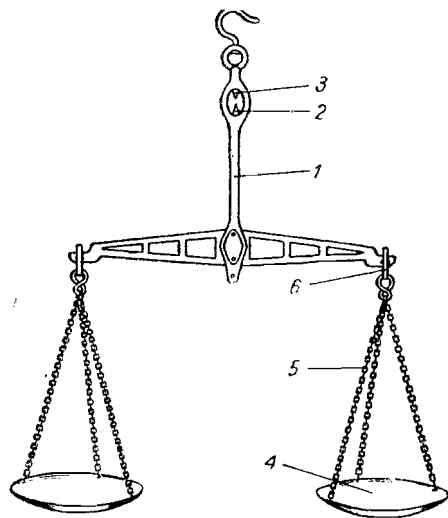


Fig. I.57. Balanță clasa 5:

1 — pafta de suspendare; 2 — arătător mobil;
3 — arătător fix; 4 — taler; 5 — lanțuri; 6 — pafta.

de la kilogramul prototip național pînă la greutatea de lucru, prin intermediul etaloanelor secundare și al etaloanelor de lucru.

După precizia lor, balanțele etalon se împart în două categorii: balanțe etalon secundare și balanțe etalon de lucru.

c. **Balanțele etalon secundare.** Cu ajutorul acestor balanțe se transmite unitatea de masă de la kilogramul prototip național pînă la masele etalon de lucru, prin intermediul maselor etalon secundare.

Balanțele etalon secundare se împart, la rîndul lor, funcție de precizia lor, în patru ordine: ordinul I, II, III și IV.

a) **Balanțele etalon secundare de ordinul I** cuprind balanțele de înaltă precizie care sînt utilizate la Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți de la Sèvres pentru transmiterea unității de masă, de la kilogramul internațional la kilogramele naționale, precum și pentru intercompararea acestora din urmă. Balanțe similare sînt folosite în majoritatea țărilor care au aderat la Convenția Metrului, pentru a transmite unitatea de masă de la kilogramele naționale respective la masele etalon secundare de ordinul I de 1 kg, precum și pentru a stabili valorile multiple și fracționare ale unității de masă la piesele din componența seriilor de mase etalon secundare de ordinul I. De asemenea, balanțele etalon secundare de ordinul I sînt utilizate pentru transmiterea unității de masă la masele etalon secundare de ordinul II, folosindu-se etaloane de masă de ordinul I.

cu dispozitiv regulator de umplere, de 1 l au o construcție asemănătoare cu a celorlalte balanțe de cereale. Acestea au în plus, la partea inferioară a tubului de umplere, un dispozitiv în formă de con cu vîrf în sus, care are rolul de a regla umplerea vasului măsură printr-o împărțire uniformă a boabelor.

(h) **Balanțele clasa 5** (fig. I.57), denumite și balanțe tehnice obișnuite, sînt balanțe simple, de obicei suspendate. Limitele maxime de cîntărire ale acestor balanțe sînt: 2 kg, 5 kg, 10 kg și 20 kg.

(2) **Balanțele etalon** sînt balanțe simple, constituind mijloacele de transmitere a unității de masă

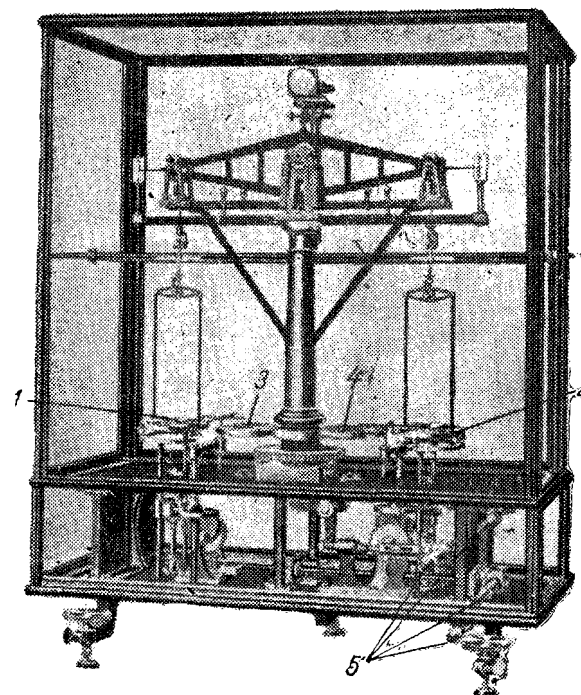


Fig. I.58. Balanță etalon secundară de ordinul I de 1 kg.

Limitele maxime de cîntărire ale acestor balanțe etalon sînt: 20 kg, 5 kg, 1 kg, 500 g, 200 g, 20 g și 2 g.

În figura I.58 este reprezentată o balanță etalon secundară de ordinul I de 1 kg limită maximă, denumită și *balanță de distanță*. Pentru a elimina influența operatorului asupra balanței, aceasta se manevrează de la o distanță de circa 4 m, cu ajutorul a patru tije metalice, cutia cu geamuri a balanței rămînînd închisă în tot timpul operației de comparare. La acest aparat se lucrează prin metoda de dublă cîntărire Gauss. Operațiile de permutare a maselor etalon de pe talerul de cîntărire 1 pe talerul de cîntărire 2 se efectuează după transportarea maselor pe taleretele 3 și 4 ce se rotesc în jurul coloanei, de asemenea, aducerea balanței în poziția de cîntărire și apoi de repaus, se efectuează cu ajutorul tijelor metalice 5, precum și al mecanismelor care se găsesc la partea de jos a balanței.

b) **Balanțe etalon secundare de ordinul II.** Cu ajutorul acestor balanțe se compară prin intermediul maselor etalon secundare de ordinul

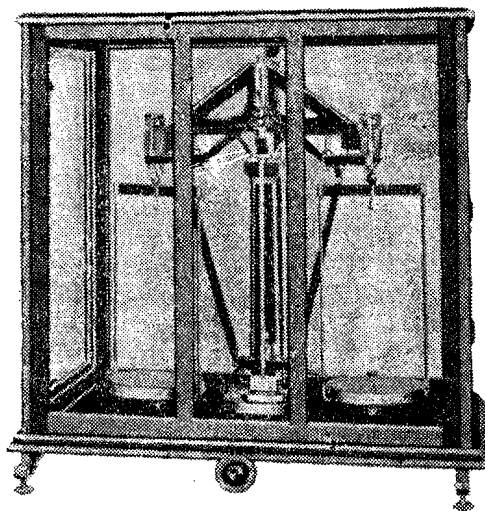
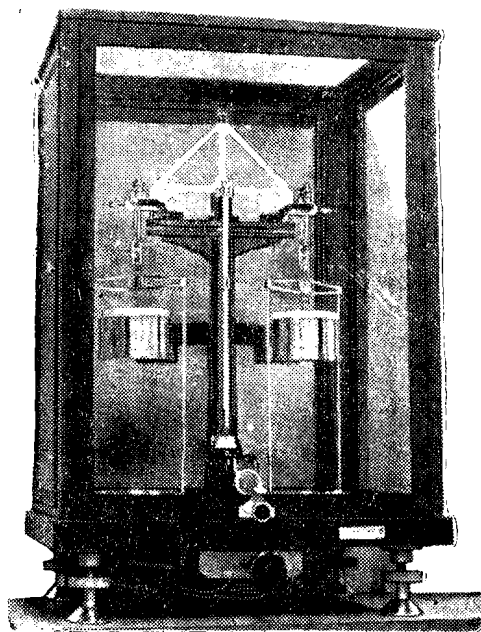


Fig. 1.59. Balanță etalon secundară de ordinul II de 20 kg.



II masele etalon secundare de ordinul III și se verifică greutatea clase 1. Limitele maxime ale balanțelor etalon secundare de ordinul II sînt: 20 kg, 10 kg, 5 kg, 2 kg, 1 kg, 500 g, 200 g, 100 g, 20 g și 2 g.

În figura 1.59 este reprezentată o balanță etalon secundară de ordinul II avînd limita maximă de 20 kg.

La balanțele etalon secundare de ordinul II se poate lucra prin una din cele trei metode de dublă cîntărire: Gauss, Borda și Mendeleev.

— *Balanțele etalon secundare de ordinul III* se utilizează la compararea maselor etalon secundare de ordinul IV și la verificarea greutăților clase 2 și 3 prin intermediul maselor etalon secundare de ordinul III, lucrîndu-se fie prin metoda de cîntărire Borda, fie prin metoda de cîntărire Mendeleev.

Limitele maxime ale acestor balanțe sînt: 1 000 kg, 500 kg, 200 kg, 50 kg, seria continuîndu-se cu valorile limitelor maxime de la ordinul II.

În figura 1.60 este reprezentată o balanță etalon secundară de ordinul III de 2 kg cu indicația prin proiecție.

Fig. 1.60. Balanță etalon secundară de ordinul III de 2 kg.

c) *Balanțele etalon secundare de ordinul IV* servesc, prin intermediul maselor etalon secundare de ordinul IV, la compararea maselor etalon de lucru și la verificarea greutăților clase 4. La acest tip de balanțe se lucrează prin metoda de cîntărire Borda. Construcția lor este similară cu a balanțelor etalon secundare de ordinul III.

Limitele maxime de cîntărire ale balanțelor etalon secundare de ordinul IV sînt identice cu cele de la ordinul III.

d) *Basculele etalon secundare de ordinul IV* sînt singurele aparate de cîntărit de tip basculă care fac parte din categoria etaloanelor. Pe astfel de bascule se stabilesc masele cele mai mari ale etaloanelor de lucru de ordinul III, adică masele de 500 kg și de 1 000 kg, (maximum) utilizate la verificarea basculelor pod rutiere și feroviare. Operația se execută cu ajutorul maselor etalon secundare de ordinul IV, prin metoda Borda.

La basculele pod etalon, bascule asemănătoare constructiv cu aparatele din categoria basculelor, prezentate în continuare, însă construite și reglate cu mai multă îngrijire decît basculele similare de lucru, se stabilește masa vagoanelor etalon de 60 și 30 t, limita lor maximă de cîntărire fiind de 75 t.

c) *Balanțele etalon de lucru* sînt utilizate la verificarea greutăților clase 5, cu ajutorul maselor etalon de lucru, prin una din metodele de dublă cîntărire Borda sau Mendeleev. Balanțele etalon de lucru (fig. 1.61) au aceleași părți componente ca și balanțele etalon secundare, dar fără a fi prevăzute cu cutie de protecție. Limitele maxime de cîntărire ale acestor balanțe sînt: 20 kg, 10 kg, 5 kg, 2 kg, 1 kg, 500 g, 200 g și 20 g.

Din această categorie fac parte și balanțele trusă etalon de lucru, care sînt transportabile în vederea verificărilor pe teren.

— *Truscle de verificare* au două balanțe etalon de lucru, una cu limita maximă de 2 kg (fig. 1.62) și cealaltă cu limita maximă de 100 g. La pîrghia balanței mari există și un al patrulea cuțit, de care se suspendă un cîrlig 1 sau un taler. Raportul dintre distanța acestui cuțit la cuțitul central și lungimea brațu-

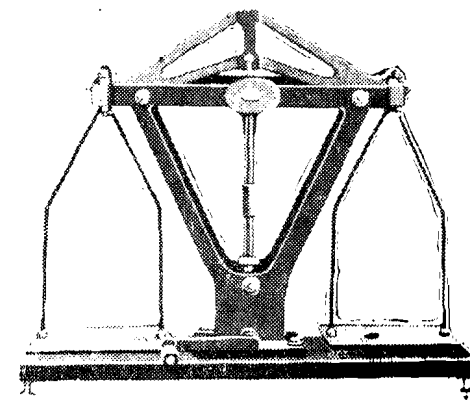


Fig. 1.61. Balanță etalon de lucru de 20 kg.

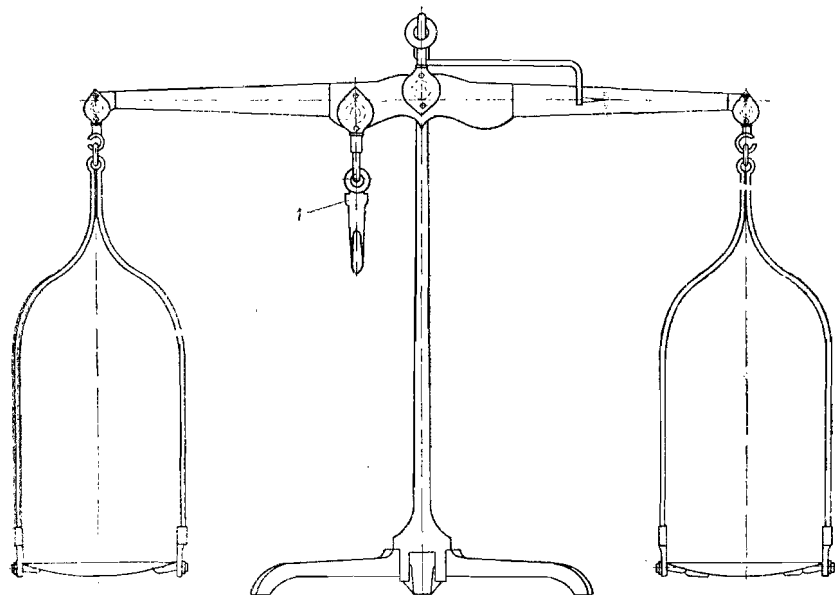


Fig. I.62. Balanță etalon de lucru, trusă.

lui balanței poate fi $1/5$ sau $1/10$ (la balanța din figura I.62 raportul este de $1/5$). La cîrlig, sau pe taler, se pot așeza pentru verificare greutatea clasa 4 de 20 kg, 10 kg și 5 kg, pentru echilibrarea cărora se așază pe talerul stîng al balanței mase etalon de lucru avînd o mărime care ține seama de raportul arătat mai sus.

Greutățile de lucru de 2 kg, 1 kg, 500 g și 200 g se verifică la balanța cu raportul $1/1$, iar greutatea 100 — 1 g, la balanța cu raportul de $1/5$ sau $1/10$.

2. Balanțe compuse

Balanțele compuse sînt aparatele de cîntărit care au talerele situate deasupra pîrghiilor. Datorită acestui fapt, manipularea corpurilor de cîntărit și a greutateilor de lucru, cu care se stabilește poziția de echilibru, este mult înlesnită. Spre deosebire de balanțele simple, la care talerele se sprijină pe cîte un singur cuțit, la balanțele compuse talerele se sprijină pe cîte trei cuțite care constituie trei puncte de încărcare. Balanțele compuse au deci pe fiecare taler un cîmp de încărcare de formă triunghiulară.

Atît balanțele compuse cît și basculele au cîmp de încărcare și trebuie să fie astfel construite încît să îndeplinească două condiții, și anume:

- rezultatul cîntăririi trebuie să fie independent de poziția pe care o ocupă sarcina de cîntărit sau greutatea de lucru pe talere sau pe platformă;
- talerele sau platformele trebuie să se deplaseze paralel cu ele înseși în timpul oscilațiilor.

Balanțele compuse se împart, ținîndu-se seama de limita lor maximă, în:

- balanțe compuse obișnuite, cu limitele maxime de 5, 10 sau 20 kg, care se utilizează, mai ales, în tranzacțiile comerciale;
- balanțe compuse tehnice, cu limitele maxime de 100, 200 sau 500 g, care se utilizează în farmacii și laboratoare.

a. **Balanțele compuse obișnuite** (fig. I.63) sînt utilizate în comerț. Balanța compusă obișnuită se compune din: postamentul 7, reunit cu două piese de legătură 24, care se sprijină pe picioarele 9. Pîrghia de sarcină principală cu brațele egale 8 se sprijină prin cuțitul central dublu 13 pe pernțele 14 de la postament. Deplasarea pîrghiei este limitată de două plăcuțe limitatoare 10 și 12. La extremitățile acestei pîrghii sînt fixate două cuțite marginale 20, pe muchiile cărora se sprijină suporturile talerelor 18, prin intermediul susținătoarelor 19. La mijlocul fiecărui braț de pîrghie este fixat cîte un cuțit de legă-

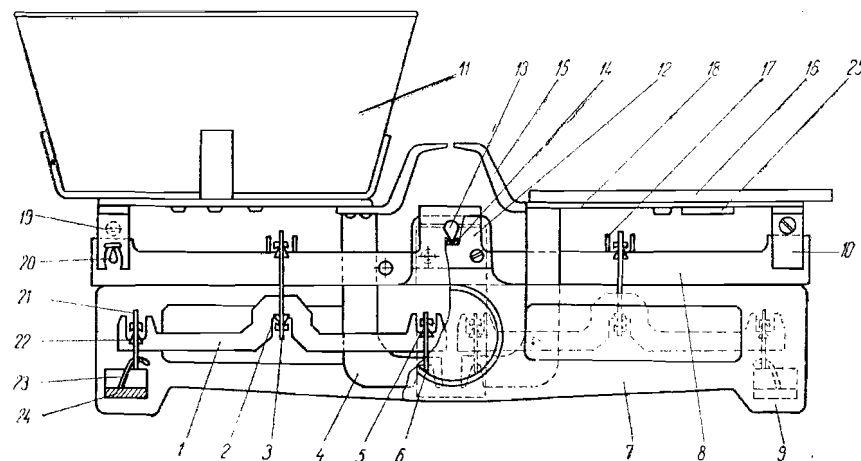
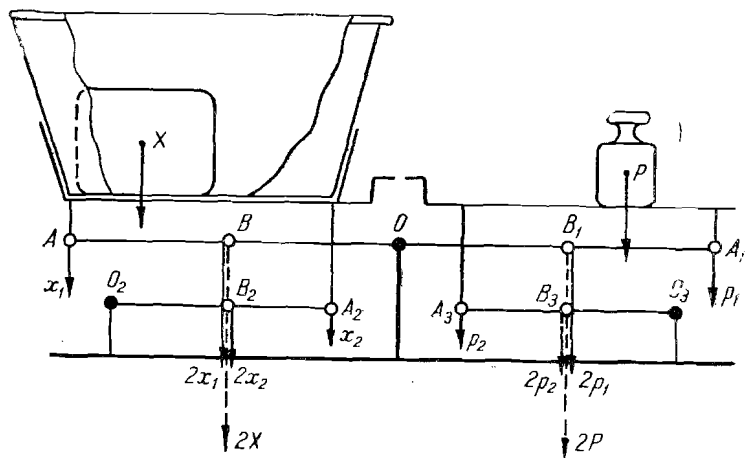


Fig. I.63. Balanță compusă.

Poziția de echilibru a balanței se observă cu ajutorul arătătoarelor 15.

$$\frac{OA}{OB} = \frac{O_2A_2}{O_2B_2}$$
$$\frac{OA_1}{OB_1} = \frac{O_3A_3}{O_3B_3},$$


de asemenea, aceste patru rapoarte trebuie să fie egale între ele:

$$\frac{OA}{OB} = \frac{OA_1}{OB_1} = \frac{OA_2}{OB_2} = \frac{OA_3}{OB_3}. \quad (33)$$

Se presupune că balanța compusă este încărcată pe talerul detașabil cu un material oarecare de greutate X , iar pe talerul nedetașabil, cu greutatea de lucru de greutate P . Greutatea X se descompune în două componente: x_1 care lucrează asupra cuțitelor marginale A ale pîrghiei de sarcină principală, și x_2 , care lucrează asupra cuțitului de sarcină A_2 , al pîrghiei de sarcină secundară din stînga. Deci :

$$X = x_1 + x_2.$$

Se observă că $x_1 > x_2$, întrucît X nu are punctul de aplicație pe mijlocul talerului, ci mai spre stînga. Dar x_1 , care acționează în A , se poate înlocui cu $2x_1$, care acționează în B , deoarece $OB = \frac{OA}{2}$. La rîndul lui x_2 , care acționează în A_2 , se poate înlocui cu $2x_2$, care acționează în B_2 , căci $OB_2 = \frac{OA_2}{2}$.

Însă B_2 este legat de B prin intermediul unei paftale și $2x_2$ se va transmite în B . În B acționează:

$$2x_1 + 2x_2 = 2(x_1 + x_2) = 2X.$$

De asemenea, forța P se descompune în componentele p_1 și p_2 care acționează în A_1 și respectiv A_3 , p_1 fiind mai mare ca p_2 .

Componenta p_1 din A_1 este echivalentă cu $2p_2$, căci $OB_1 = \frac{OA_1}{2}$ și p_2 din A_3 este echivalentă cu $2p_2$, din B_3 , căci $O_3B_3 = \frac{O_3A_3}{2}$.

Dar $2p_2$ se transmite în B_1 , unde va lucra $2p_1 + 2p_2 = 2(p_1 + p_2) = 2P$.

Balanța va fi în poziție normală de echilibru dacă momentele forțelor $2X$ din B și $2P$ din B_1 , în raport cu cuțitul O , vor fi egale:

$$2X \cdot OB = 2P \cdot OB_1,$$

de unde se deduce :

$$X \cdot OA = P \cdot OA_1, \quad (34)$$

deoarece :

$$2OB = OA \text{ și } 2OB_1 = OA_1.$$

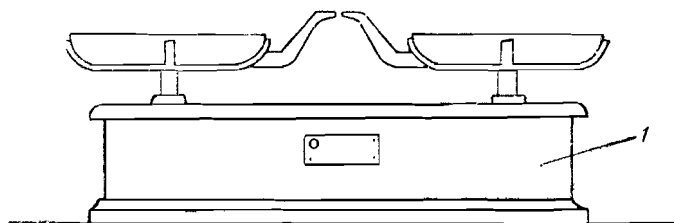


Fig. 1.65. Balanță compusă tehnică.

Din relația (34) se deduce că poziția de echilibru a balanței nu depinde decât de valorile forțelor X și P , fiind deci independentă de valorile componentelor x_1 și x_2 , p_1 și p_2 . În consecință, rezultatul cântăririi este independent de poziția încărcăturilor de pe talere.

Dacă pe timpul oscilației cuțitul A coboară cu 2 mm, cuțitul B coboară cu 1 mm. Cuțitul B_2 , care este legat de B , se va înclina tot cu 1 mm, iar cuțitul A_2 cu 2 mm. Însă A și A_2 sînt cuțitele care sprijină talerul detașabil, care pe timpul oscilației va coborî cu 2 mm, adică se va deplasa paralel cu el însuși.

Se menționează că raționamentul ce s-a făcut mai sus asimilează arcurile descrise de cuțitele A , B , B_1 și A_1 cu tangentele lor. El nu este valabil decât pentru micile oscilații în jurul poziției de echilibru.

b. **Balanțe compuse tehnice.** Balanțele compuse tehnice (fig. 1.65) au o construcție similară cu a balanțelor compuse obișnuite. Majoritatea acestor balanțe au postamentul și pîrghiile închise într-o cutie 1.

Verificarea cunoștințelor

1. Să se facă o descriere a balanței analitice cu indicație directă și una pentru balanța analitică cu indicație prin proiecție.
2. Ce avantaje prezintă balanța cu indicație prin proiecție față de aceea cu indicația directă:
 - Operația de cîntărire este mai ușoară, mai comodă?
 - Balanța se dereglează mai greu?
 - Citirea indicațiilor se face cu o precizie mai mare?
 - Cîntărirea se efectuează într-un timp mai scurt?
3. Ce sînt călăreții de la balanțele de precizie și ce avantaje prezintă utilizarea lor?

4. La care din categoriile de balanțe clasa 2, arătate mai jos, se poate efectua operația de cîntărire cu o precizie mai mare:
 - Balanțe cu indicație directă?
 - Balanțe cu indicație prin proiecție?
5. Să se descrie dispozitivele pentru manevrarea greutăților adiționale, precum și avantajele utilizării lor.
6. Din ce motiv balanțele simple de precizie sînt înzestrate cu dispozitive de izolare?
7. Ce sînt și în ce domenii se utilizează balanțele clasa 4?
8. Să se explice cum se efectuează operația de cîntărire la o balanță suspendată cu cursor clasa 4.
9. Într-o farmacie se utilizează balanțe clasa 2 sau 3?
10. Ce mărime fizică se măsoară cu ajutorul balanțelor de cereale:
 - Masa?
 - Masa volumică?
 - Densitatea?
 - Ponderitatea?
11. Cum se clasifică balanțele etalon?
12. Ce metode de cîntărire sînt folosite la balanța etalon secundară de ordinul I de 1 kg (balanța de la distanță)?
13. În ce scop este folosită metoda de dublă cîntărire Mendeleev în lucrările de verificare ce se efectuează pe balanțele etalon de lucru?
14. Ce domenii de verificare sînt asigurate prin folosirea balanțelor trusă etalon de lucru?

3. Bascule zecimale

Aparatele de cîntărit bazate pe principiul pîrghiilor cu brațe neegale, la care pentru efectuarea cîntăririi se utilizează greutăți de lucru avînd o masă de 10 ori mai mică decât aceea a sarcinii de cîntărit, se numesc *bascule zecimale*.

a. **Basculele zecimale obișnuite.** Există mai multe categorii de bascule zecimale, dintre care cele mai răspîndite sînt basculele zecimale obișnuite. Aceste aparate, pentru ușurința încărcării, au platforma situată aproape de sol. Limitele maxime de cîntărire ale basculilor zecimale obișnuite sînt de 50, 100, 200 și 500 kg.

Bascula zecimală (fig. 1.66) are următoarele părți componente:

Postamentul 1 se sprijină pe patru picioare 2. Pe postament este fixată coloana 3, prevăzută cu un cadru metalic 10, un arătător fix 11 și piedica pîrghiei (zăvorul) 12; la coloană este fixat un fir cu greutate.

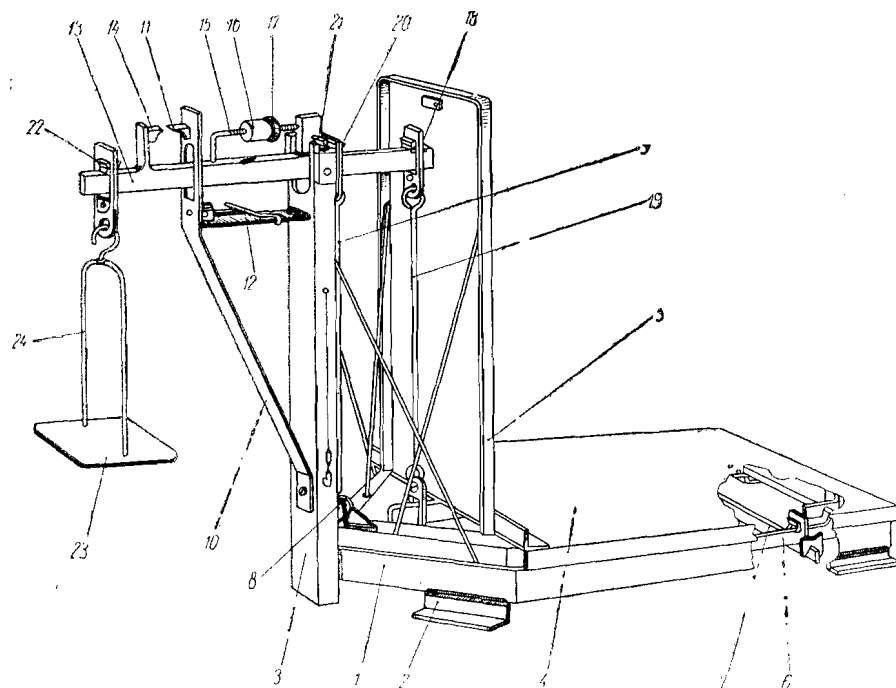


Fig. I.66. Basculă zecimală.

Platforma 4 este de formă dreptunghiulară sau pătrată, prevăzută cu o rezemătoare 5 pentru apărarea dispozitivului de cîntărire. Platforma are două suporturi bifurcate, prin intermediul cărora platforma se sprijină pe paftaua pendulară dublă 7. La partea din față (dinspre coloană), scheletul platformei se termină în formă de V și se sprijină printr-o verigă 8 de tija de tracțiune 9.

Pîrghia de sarcină 6 este în formă de V și are cinci cuite.

Pîrghia de echilibrare 13 este prevăzută cu arătătorul mobil 14 și cu dispozitivul de tarare alcătuit dintr-o tijă filetată 15, pe care se deplasează un cursor 16 cu o contrapiuliță 17. Această pîrghie este prevăzută cu patru cuite:

— cuitul de legătură 18, care face legătura între pîrghia principală și pîrghia de sarcină, prin intermediul tije de legătură 19;

— cuitul de sarcină 20, care face legătura între pîrghia principală și platformă prin intermediul tije de tracțiune 9;

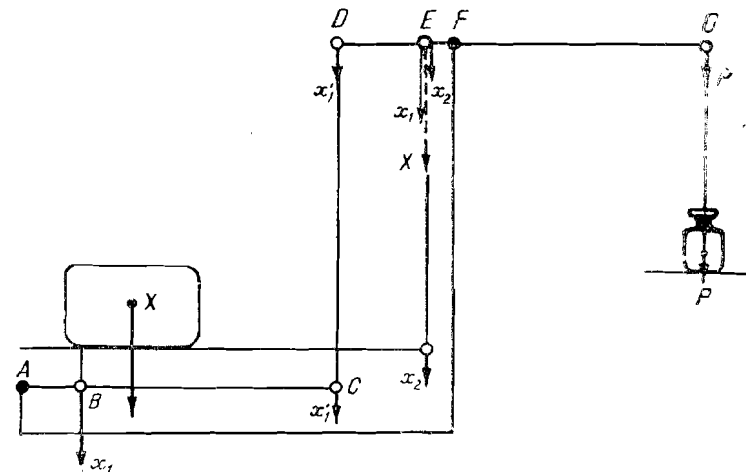


Fig. I.67. Schema cinematică a basculei zecimale.

— cuitul de sprijin 21, prin care pîrghia principală se reazemă pe două pernițe fixate la coloană;

— cuitul talerului 22, pe care se suspendă talerul pentru greutăți prin intermediul unei paftale.

Talerul pentru greutăți 23, format dintr-o placă din oțel, este suspendat printr-o vergea îndoită 24 din oțel.

Principiul de funcționare al basculei zecimale. În figura I.67 este reprezentată schematic o basculă zecimală la care AC este pîrghia de sarcină, iar DG pîrghia de echilibrare.

Între distanțele dintre cuitele acestor pîrghii există proporția:

$$\frac{AB}{AC} = \frac{FE}{FD}, \quad (35)$$

precum și raportul:

$$\frac{FE}{FG} = \frac{1}{10}. \quad (36)$$

Valoarea comună a rapoartelor care constituie proporția (35) este egală, de obicei, cu 1/6, iar valoarea raportului (36) este întotdeauna 1/10, de unde și denumirea acestei bascule.

Se presupune că platforma basculei zecimale este încărcată cu o sarcină X, care urmează a fi cîntărită, iar talerul cu greutăți de lucru P.

Conform definiției aparatului, trebuie să existe condiția :

$$P = \frac{X}{10}. \quad (37)$$

Sarcina X se descompune în două componente : x_1 , care lucrează pe cuțitul de sarcină B , și x_2 , care lucrează la vergeaua de tracțiune, astfel încît :

$$X = x_1 + x_2.$$

Din cauza poziției sarcinii X pe platformă se observă din figură că $x_1 > x_2$.

Componenta x_1 din B se descompune, la rîndul ei, în alte două componente : x'_1 în C și o componentă în A , care este anulată de reacțiunea pernii cuțitului A .

Atunci :

$$x'_1 = x_1 \frac{AB}{AC}. \quad (38)$$

Dar x'_1 se transmite asupra cuțitului D de la pîrghia de echilibrare. Se scriu momentele forțelor care acționează asupra acestei pîrghii :

$$x'_1 \cdot FD + x_2 \cdot FE = P \cdot FG. \quad (39)$$

Înlocuind pe x'_1 cu valoarea lui din (38), rezultă :

$$x_1 \frac{AB}{AC} \cdot FD + x_2 \cdot FE = P \cdot FG.$$

Ținînd seama de relația (35), rezultă :

$$x_1 \frac{FE}{FD} \cdot FD + x_2 \cdot FE = P \cdot FG.$$

De aici :

$$(x_1 + x_2)FE = P \cdot FG,$$

sau :

$$X \cdot FE = P \cdot FG. \quad (40)$$

Deci, bascula zecimală este astfel construită ca și cum întreaga sarcină X a corpului de cîntărit ar lucra asupra cuțitului de sarcină E al pîrghiei de echilibrare.

Din această ultimă relație mai reiese că rezultatul cîntăririi nu depinde de poziția ocupată de sarcina X pe platformă, ci numai de mărimea acesteia.

Din relația (40) se deduce :

$$P = X \frac{FE}{FG}.$$

Conform relației (36) se poate scrie :

$$P = \frac{X}{10},$$

asa cum s-a arătat în relația (37).

Dacă în timpul oscilației cuțitul B coboară cu 1 mm, cuțitul C va coborî cu 6 mm, A fiind așezat la o distanță de șase ori mai mare decît B . Dar C fiind în legătură cu D , prin intermediul tijei de legătură va coborî tot cu 6 mm. În acest caz, E va coborî numai cu 1 mm, deoarece este la o distanță de F de șase ori mai mică decît D . Însă B și E sînt cuțitele pe care se sprijină platforma basculei, care pe timpul oscilației va coborî cu 1 mm, adică se va deplasa paralel cu ea însăși.

b. **Basculile zecimale cu pîlnie** sînt utilizate în agricultură și sînt asemănătoare constructiv cu cele obișnuite, cu deosebirea că au instalată pe platformă o pîlnie.

4. Basculi romane

La basculile romane, echilibrarea masei corpului de cîntărit se face prin deplasarea unor greutateți de masă constantă. Aceste greutateți, denumite cursoare de echilibrare, se deplasează de-a lungul unor brațe cu scări gradate în unități de masă sau prin deplasarea unui singur cursor de echilibrare compus, prevăzut cu lamele gradate.

Basculile romane se construiesc într-o mare varietate de tipuri, ținîndu-se seama de modul lor de instalare, de natura corpului supus cîntăririi, de forma piesei care primește corpul de cîntărit etc.

Basculile romane se clasifică după cum urmează :

Basculi romane	{	Trans- portabile	{ Obișnuite Pentru persoane Format masă Pentru vite Pod Cu pîlnie Suspendate
		Stabile	{ Bascule pod Cu rezervor Cu pîlnie Cu cale aeriană

{ Pentru vehicule
rutiere
Pentru vagoane
Pentru vagoane

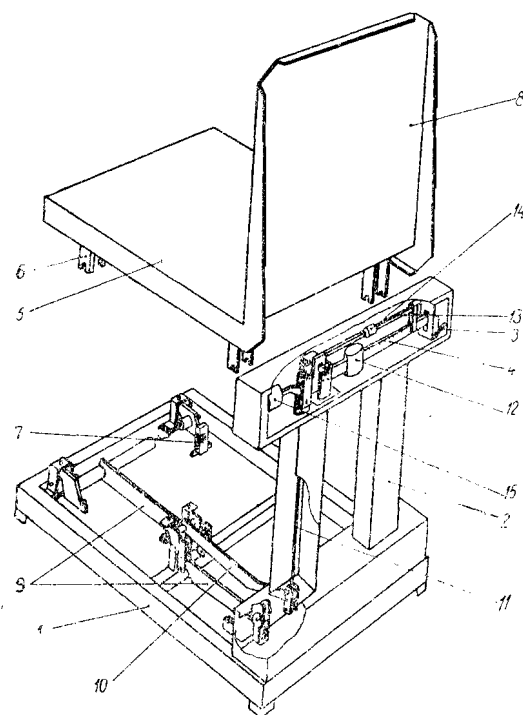


Fig. I.68. Bascuță romană obișnuită.

care platforma se sprijină pe cuțitele de sarcină ale pîrghiilor de sarcină prin intermediul paftalelor pendulare 7. Platforma are o rezemătoare 8. Unele bascule romane au montate pe platformă o pîlnie pentru cîntărirea materialelor granulare. Aceste aparate poartă denumirea de *bascule romane cu pîlnie*.

Sistemul de pîrghii are pîrghiile de sarcină și pîrghia intermediară, toate de ordinul II. Pîrghiile de sarcină 9 susțin platforma și sînt în număr de două sau trei. Pîrghia de comunicare 10 face legătura între pîrghiile de sarcină și dispozitivul de cîntărire, prin intermediul tijelor de tracțiune 11.

Dispozitivul de cîntărire la care se citește valoarea sarcinii cîntărite este constituit din pîrghia cu scară gradată, numită și *pîrghia de echilibrare*. Pe brațul principal al acestei pîrghii, divizat în unități de masă, se deplasează cursorul de echilibrare 12, denumit și cursor simplu, prevăzut la o extremitate cu o piesă în formă de dinte, care

(a) *Bascule romane transportabile* cuprind:

a) *Basculele romane obișnuite* sînt cele mai răspîndite bascule romane transportabile, fiind larg utilizate în industrie, comerț și agricultură. La aceste aparate, platforma se găsește aproape de sol, astfel încît corpurile ce urmează a fi cîntărite să poată fi ușor încărcate pe platformă. Bascuța romană obișnuită (fig. I.68) are următoarele părți componente importante:

Postamentul 1, care susține toate celelalte piese ale basculei, la care este fixată coloana 2, avînd zăvorul (piedica de blocare) 3 și arătătorul fix. Coloana susține pîrghia de echilibrare 4.

Platforma 5, are patru suporturi bifurcate 6, prin

intră în creștăturile din dreptul diviziunilor. Pe brațul secundar cu scară gradată 13, care se găsește deasupra brațului principal, se deplasează un cursor mic 14.

Pentru echilibrarea poziției de echilibru a basculei neîncărcate, cînd ambele cursore se găsesc în dreptul reperelor zero ale scărilor gradate, pe brațul scurt al pîrghiei se deplasează o piesă de masă constantă denumită *greutate de tarare* 15.

Limitele maxime de cîntărire ale basculelor romane obișnuite sînt de 50, 100, 150, 200, 500, 1000 și 2000 kg.

Principiul funcționării basculei romane. Schema cinematică a basculei romane obișnuite este reprezentată în figura I.69, iar schema în perspectivă a sistemului de pîrghii de sarcină este indicată în figura I.70.

Între brațele pîrghiilor de sarcină există proporția:

$$\frac{AB}{AC} = \frac{A'B'}{A'C'} \quad (41)$$

Se presupune că pe platforma basculei romane se încarcă o sarcină X . Forța X se descompune în două componente, x_1 și x_2 , care lucrează asupra cuțitelor de sarcină B și B' de la pîrghiile de sarcină. Este evident că $X = x_1 + x_2$.

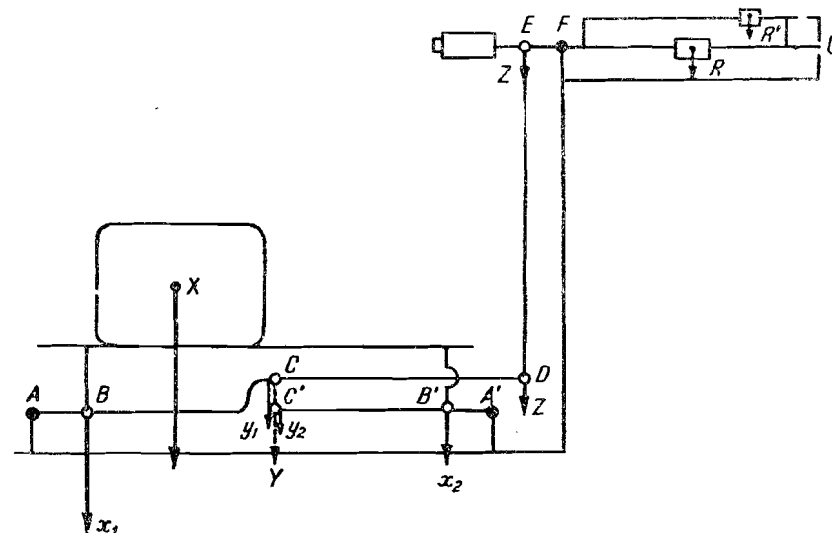


Fig. I.69. Schema cinematică a basculei romane obișnuite.

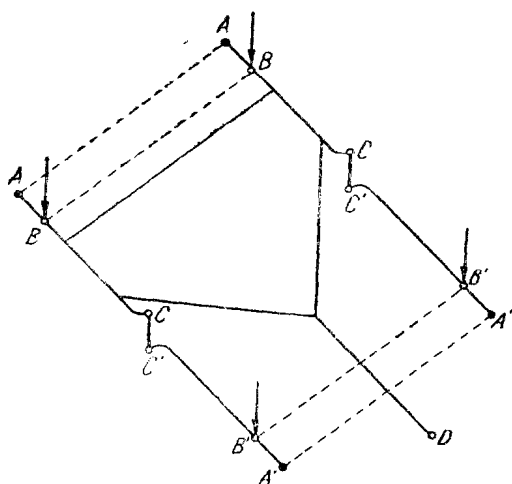


Fig. I.70. Schema sistemului de pîrghii de sarcină.

Această forță se transmite și ea asupra cuțitului C și împreună cu forța y_1 dă naștere forței X, deci:

$$y = y_1 + y_2 = x_1 \frac{AB}{AC} + x_2 \frac{A'B'}{A'C'}$$

și înlocuind $\frac{A'B'}{A'C'}$ cu $\frac{AB}{AC}$ conform relației (41):

$$Y = x_1 \frac{AB}{AC} + x_2 \frac{AB}{AC} = (x_1 + x_2) \frac{AB}{AC} = X \frac{AB}{AC}. \quad (44)$$

Din ultima relație se vede că s-au eliminat din calcul cele două componente x_1 și x_2 , așa încît rezultatul cîntării nu mai depinde de poziția sarcinii X de pe platformă.

Forța Y dă naștere în D (cuțitul de transmitere a pîrghiei mari de sarcină) unei forțe Z, care are valoarea:

$$Z = Y \frac{AC}{AD} = X \frac{AB}{AC} \cdot \frac{AC}{AD} = X \frac{AB}{AD}. \quad (45)$$

Forța Z se transmite asupra cuțitului de sarcină E a pîrghiei cu scară gradată și este echilibrată prin deplasarea cursorilor R și R' de-a lungul brațelor cu scară gradată.

A doua condiție teoretică, și anume aceea a orizontalității platformei, se realizează datorită proporției (41), la care valoarea comună

În figură se observă că $x_1 > x_2$, din cauza așezării sarcinii X pe platformă.

Componenta x_1 dă naștere unei forțe y_1 în C (cuțitul de legătură al pîrghiei mari de sarcină), forță care are valoarea:

$$y_1 = x_1 \frac{AB}{AC}. \quad (42)$$

De asemenea, x_2 dă naștere în C' (cuțitul de legătură a pîrghiei de sarcină) forței y_2 , care are valoarea:

$$y_2 = x_2 \frac{A'B'}{A'C'}. \quad (43)$$

a celor două rapoarte se presupune că este de 1/5. În acest caz, dacă cuțitul B coboară pe timpul oscilației basculei cu 1 mm, atunci cuțitul C se va înclina cu 5 mm. Tot cu 5 mm va cobori și cuțitul C', iar cuțitul B' va cobori cu 1 mm. Însă B și B' sînt cuțitele pe care se sprijină platforma, care pe timpul oscilației va cobori cu 1 mm, rămînînd paralelă cu ea însăși.

b) *Basculile romane pentru persoane.* Pentru cîntărirea persoanelor se utilizează bascule adaptate în mod special acestui scop (fig. I.71). Acestea au aceleași părți componente ca și basculele romane obișnuite, față de care însă prezintă unele deosebiri de ordin constructiv, și anume platforma, postamentul și coloana au fost modificate în așa fel încît o persoană să stea comod în picioare și să se poată cîntări singură.

Pentru aceasta, platforma 1 și postamentul 2 sînt executate de dimensiuni mai mici decît la basculele romane obișnuite, iar coloana este înlocuită printr-o țeavă 3 fixată în poziție verticală la postament. Dispozitivul de cîntărire 4 este fixat la partea superioară a coloanei. Basculele romane pentru persoane se construiesc cu limita maximă de 150 kg.

c) *Basculile romane format masă.* Pentru a cîntări unele piese voluminoase și pentru anumite scopuri speciale (de exemplu, cîntărirea stupilor de albine etc.) se utilizează bascule romane format masă. Aceste aparate de cîntărit au platforma situată deasupra tuturor celorlalte piese. Bascula romană format masă, reprezentată în figura I.72, este închisă într-o cutie metalică, a cărei parte superioară a aparatului este platforma 1. Cutia este prevăzută cu un capac și cu două mînere, pentru a putea fi transportată. Limitele maxime de cîntărire ale acestor bascule sînt de 100, 150, 200 și 500 kg.

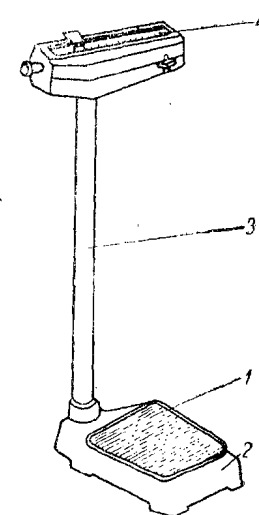


Fig. I.71. Basculă romană pentru persoane.

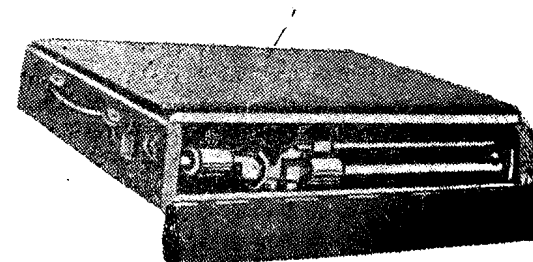


Fig. I.72. Basculă romană format masă.

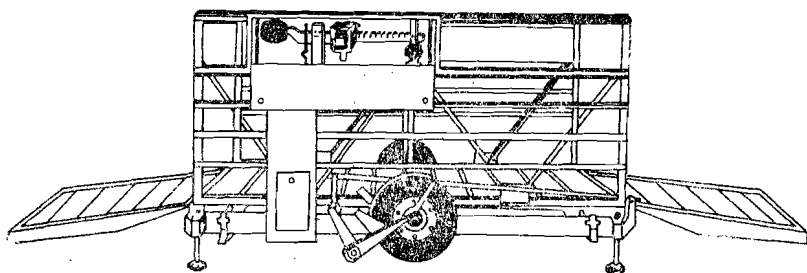


Fig. 1.73. Basculă romană pentru vite.

d) *Basculile romane pentru vite* se utilizează pentru cîntărirea vitelor în gospodăriile agricole și zootehnice, precum și în abatoare. Basculile romane pentru vite (fig. 1.73) au pe laturile mari ale platformei grilaje, iar pe laturile mici ale platformei două uși pentru intrarea și ieșirea animalelor. În unele cazuri, basculile romane pentru vite, deși transportabile sînt așezate pe fundații, astfel încît suprafața platformei se găsește la nivelul solului, pentru a fi ușor accesibilă.

e) *Basculile romane suspendate* (fig. 1.74) sînt întrebuițate în industrie, pentru cîntărirea diferitelor materiale și produse. Basculile se întrebuițează fie suspendate de un suport, fie suspendate de macarale sau poduri rulante. Întreg aparatul este închis într-o cutie metalică

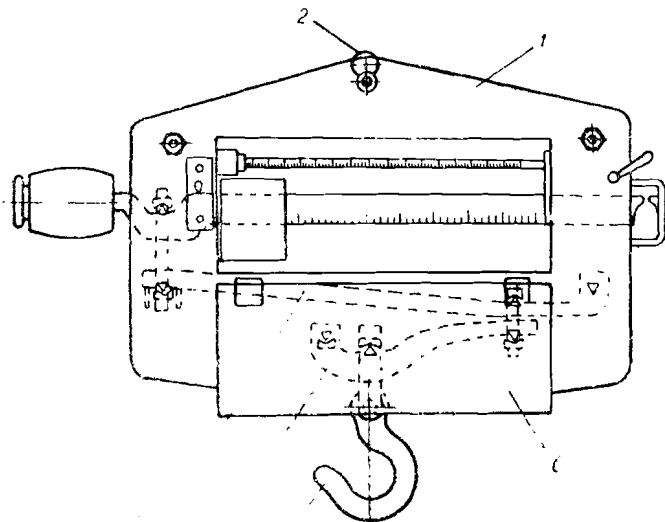


Fig. 1.74. Basculă romană suspendată.

1, care are rolul de a susține piesele lui și a le porteja contra loviturilor. Cutia are la partea ei superioară un inel sau o piesă de susținere 2, prin care bascula poate fi suspendată. Sistemul de pîrghii este construit dintr-o pîrghie de sarcină 3 și o pîrghie de comunicare 4.

Dispozitivul de cîntărire este de o construcție asemănătoare cu acela de la bascula romană obișnuită. Accesul la dispozitivul de cîntărire se face printr-un capac 6. Sarcina este suspendată la cîrligul de sarcină 5, susținut de pîrghia de sarcină.

Limitele maxime de cîntărire ale basculilor romane suspendate pot fi de 1, 2, 3, 5 și 10 t.

b. Basculi romane stabile cuprind :

a) *Basculile romane pod pentru vehicule rutiere* sînt utilizate pentru cîntărirea vehiculelor rutiere cu tracțiune mecanică sau animală. Pentru ca vehiculele să poată fi urcate pe platformă și să fie cîntărite, aceasta se găsește la nivelul solului, formînd un fel de pod deasupra proprii fundații, de unde și denumirea de basculi pod ce se dau acestor aparate de cîntărit.

Bascula romană pod rutieră (fig. 1.75) are următoarele părți

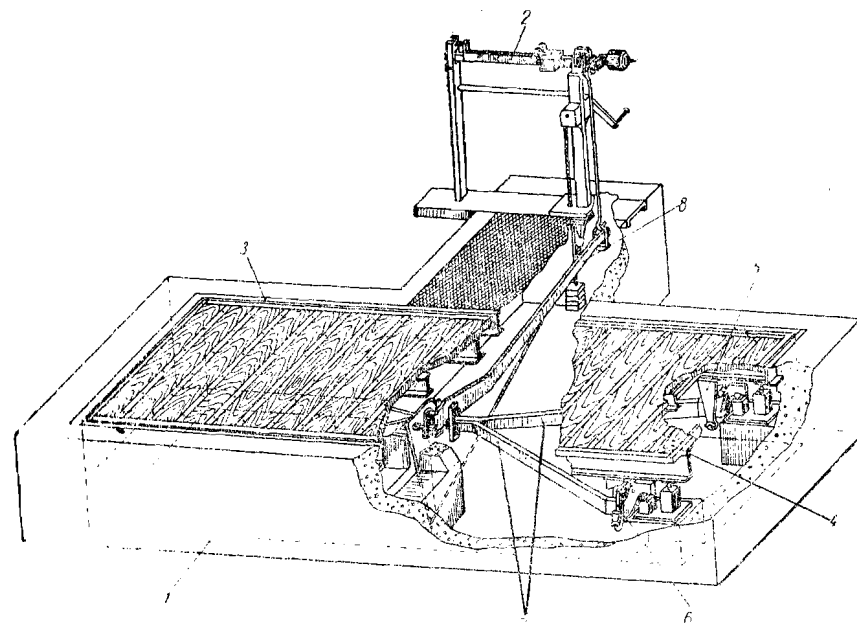


Fig. 1.75. Basculă romană pod pentru vehicule rutiere.

componente: postamentul, platforma sau podul, sistemul de pîrghii, dispozitivul de cîntărire.

Postamentul 1 este construit dintr-o fundație de beton sau zidărie, mărginită la interior spre platformă cu o bordură din oțel laminat.

Platforma sau podul 3, de formă dreptunghiulară, este construit din lemn de esență tare, din metal sau din plăci de beton armat, așezate pe un schelet rigid din oțel laminat. Scheletul podului este format din grinzi longitudinale 4, consolidate prin grinzi sau întărituri transversale. La colțurile platformei sînt fixate patru suporturi bifurcate 5, care se reazemă pe paftalele pendulare 6.

Sistemul de pîrghii este constituit din două pîrghii de sarcină 7, în formă de V, care susțin platforma și o pîrghie de comunicare simplă 8, care primește forța de la pîrghiile de sarcină, o reduce și o transmite la dispozitivul de cîntărire.

Dispozitivul de cîntărire 2 are aceeași construcție ca și la bascula romană obișnuită, putînd avea un cursor simplu sau compus (fig. I. 76). În ultimul caz, în locașuri practice în interiorul cursorului mare se deplasează lamele 1 cu scara gradată. Cursorul compus mai poate avea și un dispozitiv 2 pentru imprimarea sarcinii cîntărite pe tichete. Limitele maxime de cîntărire ale acestor bascule sînt de 10, 15 și 20 t.

b) *Basculele romane pod pentru vagoane*. Necesitatea de a se cîntări vagoanele de cale ferată încărcate cu mărfuri a dus la ideea de a se monta pe platforma unei bascule pod rutiere șine de cale ferată de lungimea acestei platforme.

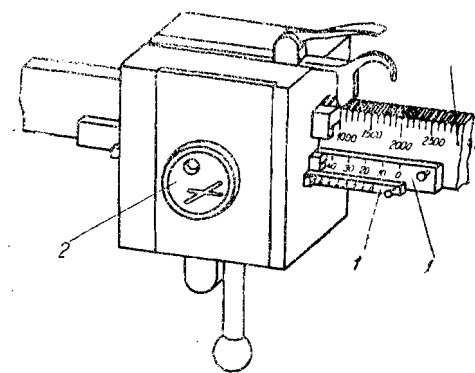


Fig. I.76. Cursor compus cu dispozitiv de imprimare.

La basculele romane pod cu cale întreruptă, șinele de pe platformă se găsesc pe direcția șinelor de pe sol, fiind întrerupte la intrarea și la ieșirea de pe platformă, de unde și denumirea acestora de bascule pod cu cale întreruptă (fig. I.77). În general, construcția lor este asemănătoare cu a basculelor pod rutiere, cu deosebirea că platforma este mai îngustă, depășind cu puțin distanța între cele două șine de cale de pe ea. Fața platformei este construită în general din tablă striată.

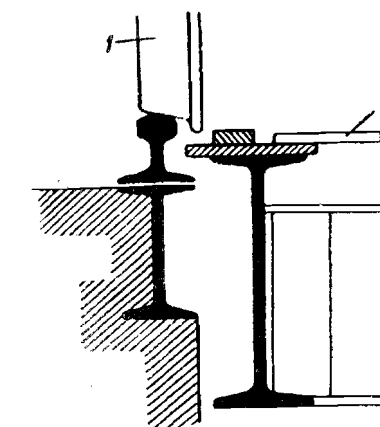


Fig. I.78. Poziția de repaus la bascula pentru vagoane cu cale continuă.

La basculele romane pod cu cale continuă, șinele de cale nu sînt întrerupte în dreptul platformei basculei, fiind situate pe sol. Platforma este plasată între șinele de cale, neavînd nici o legătură cu acestea. Toate basculele pod cu cale continuă posedă dispozitive de izolare care coboară platforma în poziție de repaus și o ridică în poziție de cîntărire. În figura I.78 se poate vedea cum roata vagonului 1 nu are nici un fel de contact cu platforma 2 a basculei atunci cînd aceasta este în poziție de repaus. Atunci cînd platforma este adusă în poziție de cîntărire (fig. I.79), platbanda de susținere 7, care se găsește de-a lungul laturii lungi a platformei, prinde buza 2 a bandajului 3 al roții vagonului și o ridică complet de pe șină. În acest mod, vagonul pierde contactul cu șina de cale, fiind sprijinit pe platbandele de susținere; vagonul este astfel cîntărit. După aceea, platforma vagonului este adusă în poziția de repaus, cînd vagonul este așezat pe șinele de cale, pierzînd astfel contactul cu bascula.

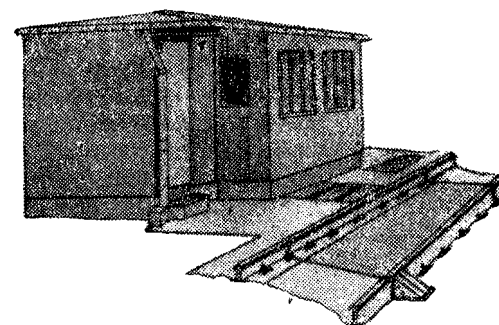


Fig. I.77. Basculă romană pod pentru vagoane.

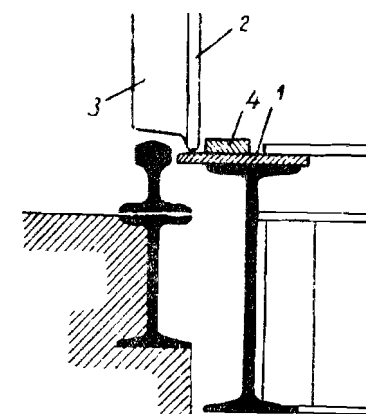


Fig. I.79. Poziția de cîntărire la bascula cu cale continuă.

La basculele pod cu cale continuă se pot efectua cîntăriri și fără ca bascula să mai fie adusă în poziție de repaus, rămînînd tot timpul în poziție de cîntărire, permițînd astfel creșterea vitezei de cîntărire. În acest caz, urcarea și coborîrea vagoanelor pe platformă se poate face datorită faptului că cele două platbande de susținere sînt înclinate la cele două extremități ale platformei, formînd rampe pentru urcarea și coborîrea vagoanelor. Pentru ca vagonul să-și păstreze direcția atunci cînd circulă pe platforma basculei, aceasta este înzestrată pe laturile ei lungi cu platbande de conducere 4.

I.a basculele pod cu cale continuă au fost mărite cu mult atît limita lor maximă de cîntărire, cît și lungimea platformei, din cauza construcției noi a vagoanelor de cale ferată grele și foarte lungi. Astfel, limitele maxime la aceste aparate sînt 40, 75, 100, 150 și chiar 200 t.

Basculile pod feroviare moderne au și alte caracteristici constructive. Piesele care suportă sarcina, cum ar fi platforma, pîrghiile, cuțitele și pernițele, precum și alte piese componente, sînt astfel dimensionate încît să suporte trecerea celor mai grele locomotive care circulă pe căile ferate. S-a ajuns astfel la noțiunea de *sarcină de susținere maximă*, care este sarcina cea mai mare pe care trebuie să o suporte platforma și de care se ține seama la calculul dimensionării pieselor. Sarcina de susținere maximă este totdeauna mai mare decît limita maximă de cîntărire a basculei respective.

Unul din tipurile de basculă pod feroviară, de construcție mai modernă la noi în țară, are două platforme, una de 10 m și cealaltă de 7 m lungime. Dispozitivul de cîntărire are o singură pîrghie gradată și totodată un schimbător de platforme care permite să se efectueze cîntărirea sarcinilor de pe fiecare platformă în parte, precum și de pe ambele platforme.

c) *Basculile romane cu pîlnie* sînt utilizate în silozuri, mori, depozite pentru cîntărirea cerealelor. În figura I.80 este reprezentată o basculă cu pîlnie utilizată la mori pentru a cîntări cerealele ce se descarcă din vagoane. Bascula se compune dintr-o pîlnie 1 de mari dimensiuni, construită din tablă, a cărei parte inferioară se poate deschide sau închide printr-un șubăr 2, acționat cu ajutorul roții 3. Cerealele din pîlnie, după ce au fost cîntărite, sînt lăsate să curgă într-un transportor cu melc sau pe bandă rulantă, care le transportă mai departe în siloz sau moară. Pîlnia se sprijină prin intermediul unei rame de susținere 4 pe pîrghiile de sarcină, care sînt în număr de patru: două pîrghii lungi de sarcină 5 și două pîrghii scurte de sarcină 6. Pîrghiile de sarcină sînt susținute de două grinzi încastate în fundația 7. Pîrghiile de sarcină transmit forța reprezentată prin greutatea cerealelor din pîlnie la dispozitivul de cîntărire 8, prin intermediul a două pîrghii de comunicare și a pîrghiei intermediare 9.

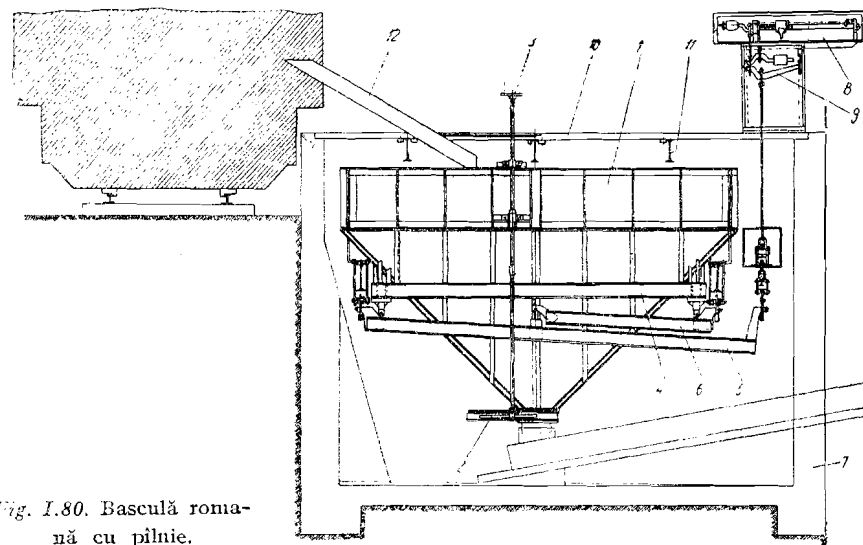


Fig. I.80. Basculă română cu pîlnie.

Fundația din beton a basculei are la partea ei superioară un podeț 10, construit din scînduri groase, sprijinite pe grinzi 11 încastate în fundație. Pe podeț, care nu are legătură cu pîlnia, este montat un îgheab 12, prin care se introduc cerealele din vagon în pîlnie.

La unele silozuri, calea ferată pentru vagoane este montată chiar deasupra pîlniei, pe podețul care este construit din beton armat. De o parte și de cealaltă a căii ferate sînt practicate deschideri în podeț, acoperite cu grătare, prin care sînt lăsate să curgă cerealele din vagoane în pîlnia basculei.

d) *Basculile romane pentru cale aeriană* (fig. I.81) sînt utilizate în unele întreprinderi unde se transportă produse sau materiale pe o șină aeriană de suport, de exemplu în abatoare, cariere de piatră, întreprinderi miniere etc. O porțiune 1 din șina de suport este întreruptă în dreptul basculei, fiind suspendată de pîrghiile de sarcină 2 ale aparatului. Greutatea corpului se transmite prin pîrghia de comunicare 3, tija de transmitere 4 și pîrghia intermediară 5, la dispozitivul de cîntărire 6, care este situat pe sol.

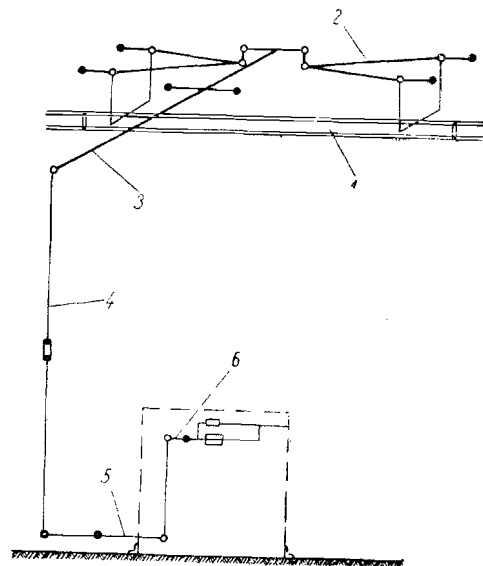


Fig. I.81. Bascuță romană pentru cale aeriană.

Verificarea cunoștințelor

1. Ce se înțelege prin cimp de încărcare?
2. Care sînt condițiile pe care trebuie să le îndeplinească aparatele de cîntărit ce posedă cimp de încărcare?
3. Să se întocmească un desen schematic al unei bascule pentru vehicule rutiere cu două poduri la care suprafețele celor două cimpuri de încărcare să fie hașurate.
4. Cu care dintre aparatele arătate mai jos se poate efectua cîntărire mai precisă și pentru ce motiv?
 - Balanțe clasa de fabricație 5?
 - Balanțe compuse?
5. De ce la construcția basculelor se utilizează și pîrghii de ordinul II?

- Pentru a înlesni operația de cîntărire?
 - Pentru a face posibilă operația de cîntărire?
 - Pentru a reduce forța reprezentată prin greutatea corpului de cîntărit?
6. Ce se înțelege prin basculă zecimală?
 7. Să se întocmească un desen schematic a unei bascule zecimale obișnuite la care suprafața cîmpului de încărcare să fie hașurată.
 8. Ce se înțelege prin basculă romană?
 9. Să se facă clasificarea basculelor romane.
 10. Ce avantaje prezintă operația de cîntărire cu bascula romană față de cîntărirea cu bascula zecimală?
 - Operația de cîntărire este mai precisă?
 - Se efectuează într-un timp mai scurt?
 - Se execută cu mai multă ușurință prin deplasarea cursorilor de echilibrare?
 - Cere un efort fizic mai mic?
 - Rezultatul cîntării se obține aproape direct?
 11. Să se deseneze schema unei bascule romane obișnuite, arătînd rolul fiecărui cuțit, precum și modul cum se efectuează cîntărirea.

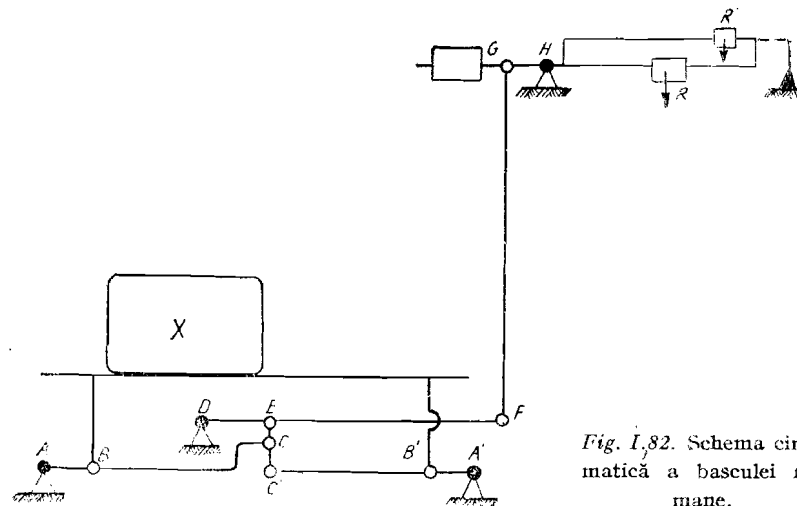


Fig. I.82. Schema cinematică a basculei romane.

12. Să se afle masa cursorului de echilibrare de la o basculă romană obișnuită (fig. I.82), la care asupra tijei de tracțiune, deci asupra cuțitului G atunci cînd aparatul este încărcat la limita lui maximă, lucrează 50 kg. Distanța HG, între cele două cuțite ale pîrghiei de echilibrare, este de 40 mm iar lungimea scării gradate de pe brațul principal este de 400 mm. La această basculă, cu limita superioară de cîntărire de 1000 kg se dau următoarele dimensiuni:

$$HG = 40 \text{ mm}; DE = 83 \text{ mm}; EF = 555 \text{ mm};$$

$$BC = B'C' = 418 \text{ mm}; AC = A'C' = 494 \text{ mm};$$

lungimea diviziunii de pe brațul principal $L = 16 \text{ mm}$;
 valoarea diviziunii de pe brațul principal $V_d = 50 \text{ kg}$;
 lungimea diviziunii de pe brațul secundar $l = 3,2 \text{ mm}$;
 valoarea diviziunii de pe brațul secundar $v_d = 0,5 \text{ kg}$.
 Se cere să se afle masele celor două cursoare de echilibrare: R și R'.

13. Să se facă o comparație între diferitele tipuri de bascule pod pentru vagoane, ținîndu-se seama de caracteristicile lor constructive.
14. Să se explice de ce basculele pod cu cale continuă nu jenează circulația trenurilor neexistînd, în principiu, nici un fel de restricție în ceea ce privește viteza acestora.
15. Să se arate motivele pentru care la basculele pod moderne cu cale întreruptă la o viteză de pînă la 20 km/h este permisă circulația trenurilor pe platformele acestor aparate de cîntărit.
16. De ce aparatele de cîntărit uzuale moderne nu mai sînt înzestrate cu dispozitive de izolare?

C. APARATE DE CÎNTĂRIT CU ECHILIBRARE AUTOMATĂ

Această categorie de aparate cuprinde balanțe și bascule semi-automate, aparate semiautomate și automate de dozat, balanțe automate.

Primele două dintre acestea sînt aparate de cîntărit cu funcționare neautomată, iar ultimile sînt tipice pentru categoria aparatelor de cîntărit cu funcționare automată.

Așa cum se va vedea din prezentarea acestei categorii de aparate, un aparat cu funcționare semiautomată sau automată trebuie să fie concomitent și cu echilibrare automată.

1. Aparate de cîntărit semiautomate

Aparatele semiautomate sînt utilizate în comerț, la poștă la cîntărirea scrisorilor și coletelor, la cîntărirea persoanelor, în industrie pentru cîntărirea unor mase mari etc. Masa corpului de cîntărit produce rotirea cu un anumit unghi al unui dispozitiv de înclinare. Acest dispozitiv deplasează un ac indicator în fața unui cadran cu scară gradată, de obicei în unități de masă, pe care se face citirea valorii masei corpului ce se cîntărește.

Larga răspîndire a acestor aparate se datorește, în primul rînd, marelui avantaj pe care îl prezintă în ceea ce privește rapiditatea cîntăririlor.

a. **Generalități.** Aparatele semiautomate au următoarele părți componente principale:

- sistemul de pîrghii;
- dispozitivul de înclinare;
- dispozitivul de indicare;
- amortizorul.

a) *Sistemul de pîrghii* este cel descris anterior la aparatele de cîntărit manuale; acesta poate fi de balanță compusă sau de basculă, în funcție de limita maximă de cîntărire a aparatului și asigură ca rezultatul cîntăririi să fie independent de locul ocupat de sarcină pe taler sau pe platformă.

b) *Dispozitivul de înclinare.* Principiul de funcționare a dispozitivului de înclinare se bazează pe proprietatea că o pîrghie se află în echilibru atunci cînd momentele forțelor aplicate de o parte și de alta a axei de sprijin sînt egale, indiferent dacă poziția pîrghiei este orizon-

tală sau înclinată. După principiul de funcționare se deosebesc trei feluri de dispozitive de înclinare, și anume:

- dispozitive de înclinare de tangentă;
- dispozitive de înclinare de sinus;
- dispozitive de înclinare diferențiale.

— *Dispozitivul de înclinare de tangentă.* În figura I.83 este reprezentată schema celui mai simplu dispozitiv de înclinare al unui aparat de cîntărit semiautomat. Dispozitivul de înclinare este construit dintr-o pîrghie AOB de ordinul I, cu două cuțite; cuțitul de sprijin O , în jurul căruia oscilează pîrghia, și cuțitul de sarcină A , unde acționează forța reprezentînd greutatea corpului de cîntărit. În B acționează o forță reprezentînd greutatea Q a unei piese de masă constantă, denumită contragreutate.

Se notează cu X_0 forța care lucrează în A atunci cînd aparatul este neîncărcat. Această forță reprezintă tracțiunea tijei care unește dispozitivul de înclinare cu sistemul de pîrghii al aparatului de cîntărit sau, în cazul cînd dispozitivul de înclinare singur este folosit ca aparat de cîntărit, reprezintă greutatea cîrligului pe care se agață sarcina. În poziția de echilibru a dispozitivului de înclinare neîncărcat, centrul de greutate C al pîrghiei este pe verticala lui O , la o distanță $OC = a$. Se notează brațele de pîrghie:

$$AO = l; OB = b.$$

Ecuția momentelor dispozitivului de înclinare fără sarcină va fi:

$$X_0 \cdot l = Q \cdot b \cdot \sin \theta. \quad (46)$$

Atunci cînd în A acționează o sarcină X , dispozitivul se va înclina și va lua poziția $A'O'B'$, iar C se va deplasa în C' . În acest caz, ecuația momentelor va fi:

$$(X + X_0)l \cdot \cos \alpha = G \cdot a \cdot \sin \alpha + Q \cdot b \cdot \sin(\theta + \alpha); \quad (47)$$

$$X \cdot l \cdot \cos \alpha + X_0 \cdot l \cdot \cos \alpha = G \cdot a \cdot \sin \alpha + Q \cdot b \cdot \sin \theta \cdot \cos \alpha + Q \cdot b \cdot \cos \theta \cdot \sin \alpha. \quad (48)$$

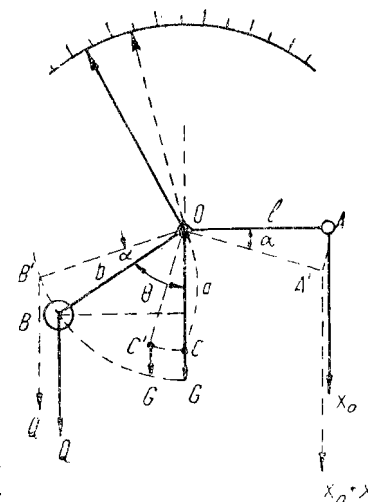


Fig. I.83. Dispozitiv de înclinare de tangentă.

Ecuția (46) se poate scrie:

$$X_0 \cdot l \cdot \cos \alpha = Q \cdot b \cdot \sin \theta \cdot \cos \alpha,$$

care dacă se scade din (48) se obține:

$$X \cdot l \cdot \cos \alpha = G \cdot a \cdot \sin \alpha + Q \cdot b \cdot \cos \theta \cdot \sin \alpha; \quad (49)$$

$$X \cdot l \cdot \cos \alpha = \sin \alpha (G \cdot a + Q \cdot b \cdot \cos \theta);$$

$$X = \frac{G \cdot a + Q \cdot b \cdot \cos \theta}{l} \operatorname{tg} \alpha = k \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (50)$$

k fiind o constantă. Rezultă că sarcina X este proporțională cu $\operatorname{tg} \alpha$, de unde vine și denumirea acestui dispozitiv de înclinare.

Scara gradată a aparatelor de cântărit semiautomate cu dispozitiv de înclinare de tangentă nu are diviziunile echidistante: ele sînt mai mari la mijlocul cadranelui și mai mici la extremități.

— *Dispozitivul de înclinare de sinus* (fig. I.84). La acest dispozitiv de înclinare, brațul OA este de lungime constantă, fiind construit dintr-un sector circular care are centrul în O . Pe acest sector se înfășoară o bandă de oțel fixată în punctul M . Sarcina de cântărit X se aplică la această bandă de oțel.

Se presupune, pentru simplificare, că în situația cînd nici o sarcină nu este suspendată de bandă, centrul de greutate B al contragreutății se va găsi pe verticala din O , brațul OA fiind orizontal. Sub acțiunea unei sarcini X , dispozitivul de înclinare se rotește cu un unghi α . În poziție de echilibru, ecuația de echilibru este:

$$X \cdot OA = Q \cdot B'b';$$

$$X \cdot l = Q \cdot b \cdot \sin \alpha;$$

$$X = \frac{Q \cdot b}{l} \sin \alpha = k \cdot \sin \alpha, \quad (51)$$

k fiind o constantă. Rezultă că sarcina de cântărit este proporțională cu $\sin \alpha$, de unde și numele acestui dispozitiv de înclinare.

Scara gradată la aparatele cu dispozitive de înclinare de sinus are diviziunile de la mijlocul cadranelui mai mici decît cele de la extremități.

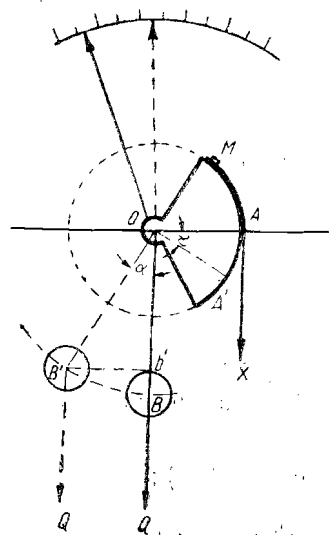


Fig. I.84. Dispozitiv de înclinare de sinus.

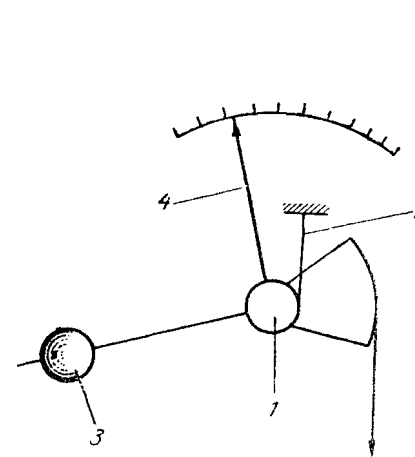


Fig. I.85. Dispozitiv de înclinare diferențial.

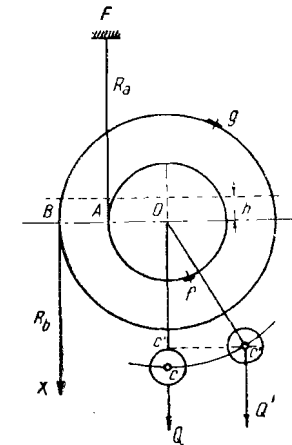


Fig. I.86. Schema cinematică a dispozitivului de înclinare diferențial.

— *Dispozitivul de înclinare diferențial*. În scopul realizării unei scări cu diviziuni egale s-au construit dispozitive numite diferențiale. După cum se vede în figura I.85, la aceste dispozitive cuțitul de sprijin este înlocuit cu un sector circular 1 și o panglică de oțel 2, fixată la postamentul aparatului de cântărit. De sectorul circular este fixată contragreutatea 3. Acul indicator 4 este solidar cu sectorul circular 1.

Pentru stabilirea ecuației de echilibru a acestui dispozitiv, se consideră că dispozitivul se compune din două tambure concentrice, avînd aceeași axă de oscilație în O (fig. I.86). Pe tamburul A , solidar cu contragreutatea Q , se înfășoară panglica metalică R_a , fixată cu o extremitate de postamentul balanței F și cu cealaltă extremitate, de tambur, în punctul f . Pe celălalt tambur, B , se înfășoară panglica metalică R_b , fixată de tambur în punctul g și care suportă corpul de cântărit. Cînd se atîrnă de capătul panglicii R_b o sarcină X , tamburul B se rotește cu un unghi α , panglica R_a se înfășoară în jurul său și ridică dispozitivul către punctul fix F cu o înălțime proporțională cu unghiul de rotație α . Mișcare de translație a centrului O se transformă, cu ajutorul unei cremaliere și al unei roți dințate, solidare cu un ac indicator, într-o mișcare de rotație și astfel se poate citi pe un cadran divizat în unități de masă, care este valoarea masei sarcinii X . Atunci cînd asupra dispozitivului nu acționează nici o forță, verticala coborîtă din centrul de greutate al dispozitivului, inclusiv și acela al contra-

greutății Q , coincide cu verticala coborită din axa O . Sub acțiunea sarcinii X , dispozitivul se va înclina, căpătând o anumită poziție de echilibru.

Momentele în raport cu F_A sînt :

$$\begin{aligned} X(OB - OA) &= Q(CA + OC \sin \alpha); \\ X(R - r) &= Q(r + b \sin \alpha); \\ X &= \frac{Q \cdot r}{R - r} + \frac{Q \cdot b}{R - r} \sin \alpha = K' + K \sin \alpha, \end{aligned} \quad (52)$$

K și K' fiind constante. Din relația (52) rezultă că totuși rotațiile dispozitivului de înclinare nu sînt proporționale cu sarcinile, ci numai sinusurile unghiurilor. Pentru a se obține diviziuni echidistante pe scara gradată, la aceste dispozitive se realizează o demultiplicare cît mai mare, cu ajutorul unei cremaliere și al unui pinion solidar cu acul indicator, astfel încît rotația dispozitivului de înclinare să fie cît mai mică. În acest caz se poate confunda sinusul cu unghiul respectiv și X devine atunci proporțional cu unghiul.

Un alt tip de dispozitiv de înclinare diferențial (fig. I.87) a fost construit utilizîndu-se suprafața circulară a unui tambur, atît pentru suspensia dispozitivului cît și pentru aplicarea forței X care acționează asupra sa. Sensul forței X trebuie în acest caz inversat cu ajutorul unui scripete.

Ecuația de echilibru la acest dispozitiv este :

$$X \cdot AB = Q \cdot DA, \quad (53)$$

dar

$$DA = R - OD = R - b \sin \alpha.$$

Considerînd semnul $(-)$ cînd C este în dreapta lui Q și semnul $(+)$ cînd C este la stînga lui, se obține :

$$X \cdot 2R = (R - b \cdot \sin \alpha) Q,$$

de unde :

$$X = \frac{Q}{2} - \frac{Q \cdot b}{2R} \cdot \sin \alpha. \quad (54)$$

Fig. I.87. Dispozitiv de înclinare diferențial cu tambur circular.

Dacă α este suficient de mic, de exemplu, dacă variază între -10° și $+10^\circ$ de o parte și de cealaltă parte a verticalei OC , relația (54) se poate scrie :

$$X = K' + K \cdot \alpha. \quad (55)$$

Deci, arcele α sînt proporționale cu sarcinile X și diviziunile scări vor fi egale.

— *Rectificarea dispozitivelor de înclinare.* Pentru a se obține diviziuni echidistante, chiar și atunci cînd se folosesc dispozitivele de înclinare de tangentă sau de sinus, a fost necesar să se aducă unele modificări constructive acestor dispozitive, cunoscute sub denumirea de *rectificări*. Aceste rectificări se realizează în diferite moduri.

Astfel, cuțitul de sarcină la dispozitivul de tangentă și sectorul circular la cel de sinus se înlocuiesc prin came, avînd suprafețele de obicei cilindrice, care sînt fixate excentric față de axa de oscilație O a dispozitivului (fig. I.88). În acest caz, la balanța cu dispozitiv de tangentă tija de tracțiune s-a înlocuit printr-o bandă flexibilă de oțel.

c) *Dispozitivul de indicare* servește la citirea rezultatului cîntăririi și are două părți, acul indicator și cadranul. Acestea, la cele mai multe aparate, se dublează (două ace indicatoare și două cadrane), pentru ca vînzătorul și cumpărătorul să poată observa simultan poziția de echilibru a aparatului. Citirea trebuie să fie sigură, ușoară și precisă, de aceea dispozitivul de indicare trebuie să fie construit cu multă îngrijire. Cînd vîrfurile acului indicator se oprește în fața unui reper al scării gradate de pe cadran, este necesar să se aprecieze cu ușurință valoarea masei corespunzătoare aceluia reper. Acul indicator nu trebuie să fie prea depărtat de cadran, pentru a se micșora astfel erorile de paralaxă provocate de poziția greșită a operatorului. Pentru ca citirea să se facă corect, operatorul trebuie să fie astfel plasat încît raza lui vizuală să fie perpendiculară pe cadran și aceasta să treacă prin vîrfurile acului indicator.

Se limitează erorile de paralaxă, obligînd operatorul să ia poziție corectă prin diferite mijloace. Astfel, la unele balanțe, vîrfurile acului este lățit, formînd o suprafață perpendiculară pe suprafața cadranelor. Cînd se face citirea, nu trebuie

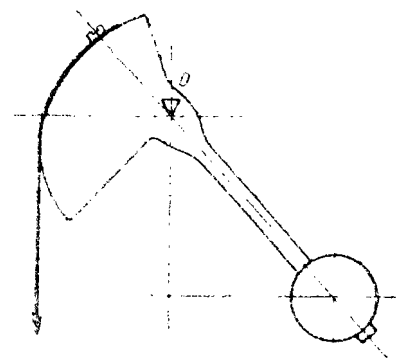


Fig. I.88. Dispozitiv de înclinare diferențial rectificat.

să se vadă vârful acului decît ca o singură linie dreaptă, subțire. La alte balanțe, sub cadran se așază o oglindă. Atunci cînd se face citirea, nu trebuie să se observe imaginea acului în oglindă.

d) *Amortizorul*. Datorită faptului că operația de cîntărire la balanțele și basculele semiautomate trebuie să se facă repede, aceste aparate sînt dotate cu dispozitive amortizoare, care au rolul de a frîna oscilațiile pîrghiilor, după 3—5 oscilații simple.

Amortizoarele aparatelor de cîntărit semiautomate sînt de trei feluri, și anume:

- amortizoare cu aer;
- amortizoare cu lichid;
- amortizoare magnetice.

La aceste dispozitive, reglajul amortizării se realizează prin variația rezistenței de frecare produse la deplasarea pistonului.

Primele două tipuri de amortizoare sînt construite dintr-un cilindru, în interiorul căruia se deplasează un piston legat la una din piesele care oscilează, ale aparatului de cîntărit.

— *Amortizorul cu aer* (fig. I. 89) este format dintr-un cilindru 1 confecționat din fontă, protejat la interior prin depuneri metalice, iar pistonul 2 este confecționat din grafit și acționat cu ajutorul tijei 3. Reglajul amortizării se face printr-o variație corespunzătoare a secțiunii de trecere a aerului printr-un orificiu de la cilindru. La funcționarea corectă a acestui tip de amortizor contribuie mult calitatea execuției ajustajului piston-cilindru, de asemenea starea de curățenie din interiorul cilindrului.

— *La amortizorul cu lichid* (fig. I.90) frînarea este obținută prin deplasarea unui piston 1 într-un mediu lichid. Lichidul folosit este un ulei mineral de viscozitate și punct de congelare convenabile. În piston sînt prevăzute orificii speciale 2, care permit trecerea lichidului spre partea opusă deplasării pis-

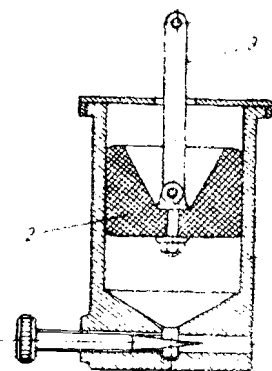


Fig. I.89. Amortizor cu aer.

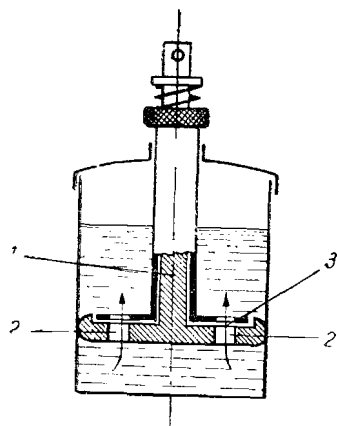


Fig. I.90. Amortizor cu lichid.

tonului. În vederea reglării timpului de amortizare, la partea superioară a pistonului se găsește discul 3, care are același număr de orificii și de aceeași mărime, ca și cele de la piston. Prin rotirea discului se mărește sau se micșorează trecerea lichidului prin orificiile respective.

La aparatele de cîntărit semiautomate se utilizează pe scară largă amortizoarele cu lichid, cu ulei mineral, deoarece: construcția lor este puțin pretențioasă, se reglează cu ușurință, amortizarea se face uniform.

Pentru ca variația temperaturii să nu influențeze prea mult asupra amortizării, s-au construit amortizoare dotate cu termometre regulate, care în funcție de temperatura lichidului comandă închiderea sau deschiderea orificiilor din piston și astfel menține același timp de amortizare a oscilațiilor, independent de temperatura la care lucrează aparatul de cîntărit respectiv.

— *Amortizorul magnetic* este format dintr-o piesă solidară cu sistemul de pîrghii, o paletă din cupru, care se deplasează în câmpul polilor unui magnet permanent. În paletă se induc curenți turbionari, al căror efect este de a se opune mișcării; de aici apare un efect de frînare.

b. **Balanțe semiautomate.** Balanțele semiautomate sînt aparate de cîntărit la care egalitatea momentelor se determină fie numai cu ajutorul dispozitivului de înclinare, acesta constituind balanța însăși, fie cu ajutorul dispozitivului de înclinare legat la un sistem de pîrghii.

Balanțele semiautomate se împart în :

- balanțe de înclinare;
- balanțe fără greutate;
- balanțe cu greutate.

Balanțele semiautomate cu sau fără greutate au dispozitivul de înclinare combinat cu pîrghii de balanță compusă.

a) *Balanțele de înclinare* sînt cele mai simple balanțe semiautomate. Un exemplu de balanță de înclinare îl reprezintă balanța pentru fire reprezentată în figura I.91. Acest tip de balanță este folosit în industria textilă pentru a determina masa unor jurubițe de fire de bumbac, lînă sau mătase, în scopul stabilirii fineței acestora.

Balanța se compune dintr-o pîrghie 1, care are la una din extremități un cîrlig 2, pentru atîrnarea jurubițelor, iar la cealaltă extremitate, o contragreutate de masă constantă 3. Pîrghia este prevăzută cu un ax cu extremitățile conice, care se sprijină liber pe două lagăre, fixate la furca 4. Cadranul 5 are forma de evantai, iar acul indicator 6 este solidar cu pîrghia 1. Coloana 7 este fixată la postamentul 8.

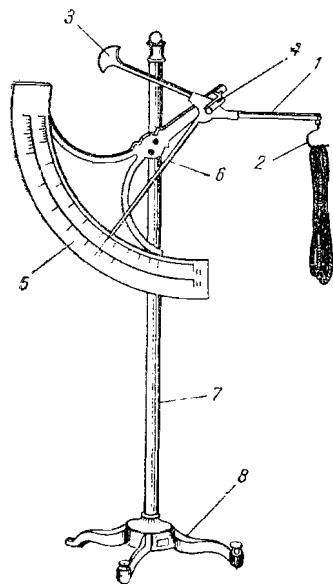


Fig. I.91. Balanță de înclinare.

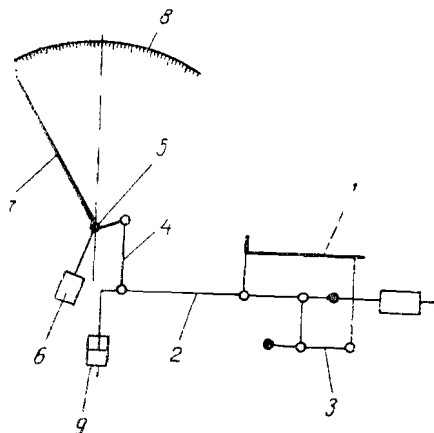


Fig. I.92. Balanță semiautomată fără greutăți.

Masa jurubiței cu care se încarcă balanța produce rotirea pîrghiei cu un anumit unghi, deplasînd acul indicator în fața cadranelui divizat în unități de masă sau exprimat direct în unități pentru finețea firelor¹. Unele balanțe de acest fel au cadranelui divizat în unități de masă și în unități tex.

b) *Balanțele semiautomate fără greutăți.* Aceste balanțe, la care pentru obținerea indicațiilor nu sînt necesare greutăți de lucru, sînt utilizate pentru cîntărirea maselor pînă la 2 kg.

În figura I.92 este arătată schematic o balanță semiautomată fără greutăți. Ea nu are decît un singur taler 1, pe care se așază corpul de cîntărit. Talerul se sprijină pe pîrghia principală 2 și pîrghia secundară 3. Pîrghia principală este legată, prin intermediul tijei 4, cu dispozitivul de înclinare de tangentă 5, prevăzut cu contragreutatea 6.

¹ Finețea firelor se exprimă în unități din sistemul tex. Unitatea de bază a sistemului tex reprezintă masa, în grame, a 1000 m din firul măsurat:

$$1 \text{ tex} = \frac{1}{1000} \text{ g/m}$$

Acul indicator 7, solidat cu dispozitivul de înclinare, se poate deplasa în fața cadranelui 8. Balanța este prevăzută cu amortizorul cu ulei 9.

Balanțele semiautomate fără greutăți se construiesc pentru următoarele limite maxime de cîntărire: 1 și 2 kg.

c) *Balanțele semiautomate și greutăți.* La majoritatea balanțelor semiautomate folosite în comerț și industrie, rezultatul cîntăririi se obține fie numai cu ajutorul scării gradate a cadranelui, pentru sarcini care nu depășesc limita superioară a scării gradate, fie cu ajutorul greutăților de lucru și a scării gradate, pentru sarcini mai mari. La unele balanțe, greutățile sînt așezate manual de operator, iar la altele, așezarea greutăților se face mecanic, prin acționarea unor dispozitive speciale.

(d) *Balanța semiautomată cu greutăți așezate manual* este reprezentată schematic în figura I.93. Această balanță semiautomată are două talere și un dispozitiv de înclinare articulat cu un sistem de pîrghii de tip C. Întregul sistem este protejat de o carcasă.

Pe pernțele 1, fixate la carcasă, se sprijină cuțitele centrale 2, ale pîrghiei 3. Această pîrghie dublă are șase cuțite, dintre care două centrale 2 și patru marginale 4. Aparatul are două tije de distanțare 5 și 6, care sînt în legătură cu barele 7 și 8. Tijele au rolul de a menține talerele orizontale în timpul oscilațiilor balanței. Balanța mai este prevăzută cu două talere 9 și 10, un amortizor cu ulei sau aer 11 și cu o nivelă montată la carcasă. Dispozitivul de înclinare 12 este de tangentă. Legătura dintre pîrghia de sarcină 3 se face prin intermediul tijei de tracțiune 13, iar dispozitivul de înclinare este prevăzut cu contragreutatea 14.

Balanța are două indicatoare 15, fixate la pîrghia de înclinare, care se deplasează simultan și paralel în fața celor două cadrane 16, dispuse pe ambele fețe ale balanței semiautomate. Cadranele, în formă de sector de cerc, sînt gradate, de la 0 la 1 kg. Cîntăririle pînă

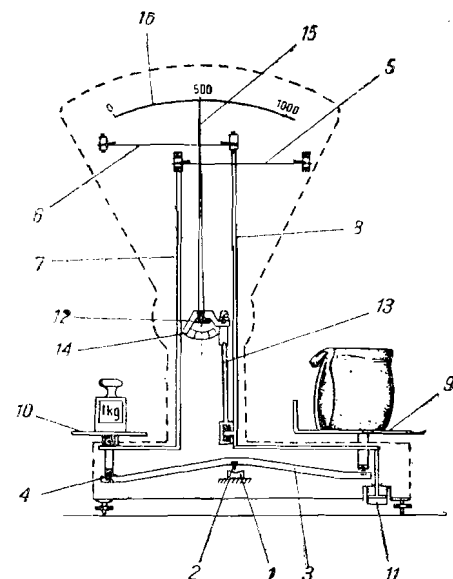


Fig. I.93. Balanță semiautomată cu greutăți așezate manual.

la 1 kg se fac prin citirea directă pe cadran a valorii masei corpului cîntărit, iar cele mai mari de 1 kg, atît prin adăugarea de greutate de lucru corespunzătoare pe talerul pentru greutate cît și prin citirea pe cadran. Suma valorilor greutăților și a indicației de pe cadran reprezintă valoarea masei corpului cîntărit. Balanțele semiautomate cu greutate așezate manual se construiesc cu următoarele limite maxime de cîntărire: 1, 2, 5, 10 și 20 kg.

e) *Balanța semiautomată cu greutate așezate mecanic.* În figura I.94 este arătat aspectul exterior al acestei balanțe, iar în figura 95, schema cinematică a unei balanțe semiautomate, cu greutate așezate mecanic și cu un dispozitiv de înclinare de sinus. Această balanță are un singur taler și o construcție similară cu a balanței semiautomate cu greutate așezate manual. Pe pîrghia principală este montată, la una din extremități, o bară transversală 1, așezată în dreptul celor două cuțite de sarcină ale pîrghiei. Această bară servește pentru așezarea greutăților adiționale 2, care sînt acționate cu ajutorul unui dispozitiv de manipulare din exteriorul carcasei. Dispozitivul este format dintr-un ax cu came 3, la care sînt articulate, prin bare, greutatele adiționale. Cu ajutorul butonului în formă de rozetă 4, axul poate fi rotit,

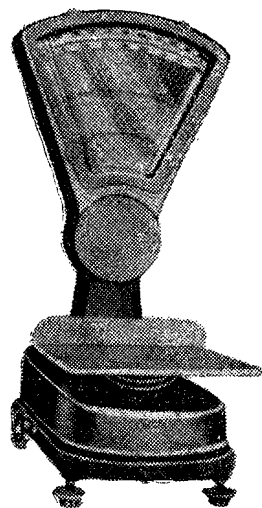


Fig. I.94. Balanță semiautomată cu greutate așezate mecanic.

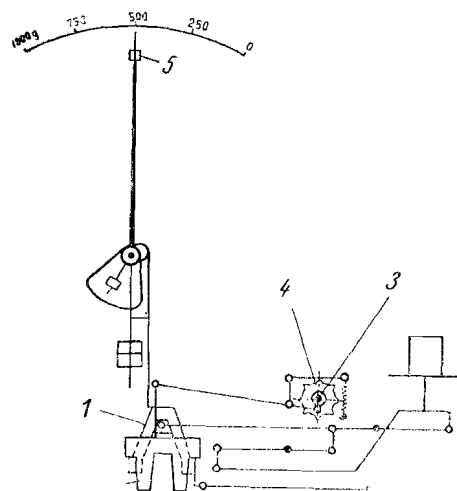


Fig. I.95. Schema cinematică a balanței semiautomate cu greutate așezate mecanic.

ceea ce permite așezarea, respectiv ridicarea greutăților adiționale de pe bara 1. Simultan cu manipularea greutăților, pe cadranul balanței, la o fereastră 5 din cadran, apare cifra corespunzătoare valorii greutăților așezate pe bară. Rezultatul cîntăririi se află adunînd cifra indicată la fereastră cu indicația de pe cadranul balanței. Cu acest tip de balanță se pot efectua cîntăriri pînă la 10 kg.

Balanțele semiautomate cu greutate așezate mecanic pot avea limitele maxime de cîntărire de 2, 5, 10 și 20 kg.

c.) *Basculele semiautomate* sînt aparate de cîntărit identice, din punctul de vedere al construcției, cu basculele romane, cu deosebire că, în locul dispozitivului de echilibrare manual, se utilizează dispozitive de cîntărire automată denumite *capete de cîntărire*.

Forța provenită de la sistemul pîrghiilor cu brațe neegale este redusă și transmisă capului de cîntărire în cadrul căruia această forță, sub forma unui cuplu, poate acționa fie asupra unui dispozitiv de înclinare, fie asupra unui dispozitiv cu arcuri. Sub acțiunea concomitentă a acestor două cupluri, atît dispozitivul de înclinare cît și dispozitivul cu arc rotesc acul indicator, care se deplasează în fața unui cadran divizat în unități de masă.

Capetele de cîntărire pot fi de mai multe feluri: cu dispozitiv de înclinare cu segmenti, cu dispozitiv de înclinare cu role, cu arcuri etc.

Capul de cîntărire cu dispozitivul de înclinare cu segmenti (fig. I. 96, a) este constituit din următoarele piese principale: segmentii 1, pe care se înfășoară patru benzi elastice din metal 2. Fiecare segment este prevăzut cu o tijă filetată pe care se poate deplasa o contragreutate 3. Două din aceste benzi sînt fixate la suportul 4 al tijei 5, prin care se face legătura cu sistemul de pîrghii al basculei. Prin intermediul unui dispozitiv de distanțare 6, deplasarea greutăților de înclinare se transmite cremalierii 7, care, la rîndul ei, angrenează pinionul 8 așezat pe axul acului indicator.

Capul de cîntărire cu dispozitivul de înclinare cu role (fig. I.96, b) are construcția identică cu cea descrisă mai sus, numai că segmentii pe care se înfășoară benzile elastice sînt înlocuiți cu rolele 1.

Capul de cîntărire cu dispozitivul cu arc (fig. I.96, c) se deosebește de celelalte tipuri descrise prin faptul că unul din cuplurile de rotație ce acționează asupra acului indicator este creat de forța elastică a unor arcuri cilindrice 1. Avantajul acestei soluții constă în simplitate și robustețe, ceea ce le face îndeosebi indicate la regimuri de exploatare în care capul de cîntărire este supus unor șocuri sau vibrații.

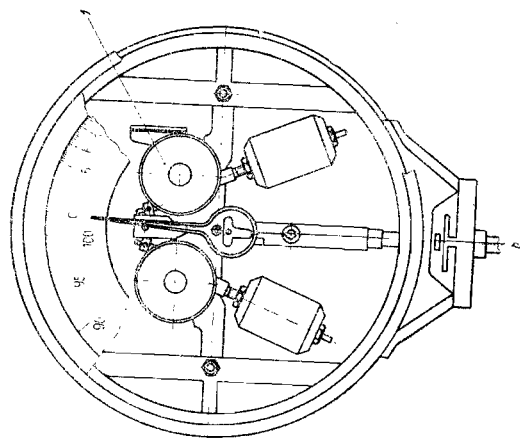
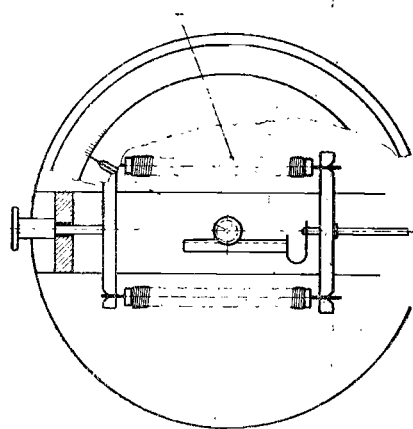
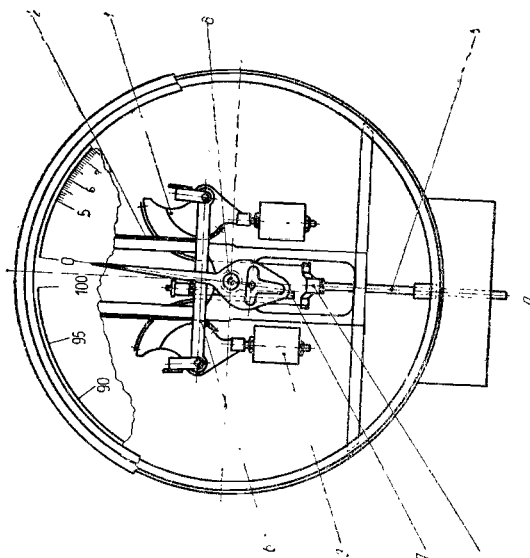


Fig. 1.96. Cap de cîntărire:
a — cu segmenți; b — cu role; c — cu arc.



În afară de capetele de cîntărire descrise mai există și alte tipuri, și anume: capete cu rotație multiplă a acului indicator, cu sau fără greutate adiționale, cu indicație prin proiecție etc.

În figura 1.97 se poate vedea cadranul unui cap de cîntărire cu rotații multiple ale acului indicator fără greutate adiționale. Pe cadran sînt decupate ferestrele 1 în dreptul reperelor principale. La aceste ferestre apar, unele după altele, numerele care indică masa corpului de cîntărit. Aceste numere sînt înscrise pe o placă din aluminiu 2, așezată în spatele cadranului, care coboară pe măsură ce masa de pe basculă crește odată cu mișcarea de rotație a acului indicator.

Schema unui cap de cîntărire cu indicație prin proiecție (fig. 1.98) este reprezentată printr-o tijă fixată în prelungirea dispozitivului de înclinare cu segmenți. De aceasta se fixează o microscară 6, trasată pe un material transparent cu ajutorul sursei de lumină 7 al lentilelor 2, 3 și al unor oglinzi 4 și 7; porțiunea de microscară corespunzătoare masei cîntărite este proiectată pe ecranul translucid 5 al capului de cîntărire pe care se găsește, de asemenea, un indice fix, în raport cu care se face citirea valorii masei cîntărite.

Un alt tip de cap de cîntărire la care cadranul este mobil este arătat în figura 1.99, rezultatul cîntăririi, fiind indicat într-o fereastră 1 din carcasa capului. Acesta este înzestrat și cu un dispozitiv care formează automat valoarea masei corpului cîntărit, valoare ce se poate citi la fereastra 2 a carcasei. Capul de cîntărire posedă o claviatură cu ajutorul căreia se poate forma: data calendaristică, numărul și tara vagonului, atunci cînd capul de cîntărire (fig. 1.100) este montat la o basculă pod pentru vagoane, simbolul mărfii etc. Toate aceste date, inclusiv valoarea masei corpului cîntărit, se pot imprima pe tichete de cîntărire, pe fișe, pe formulare de cartotecă, benzi de control.

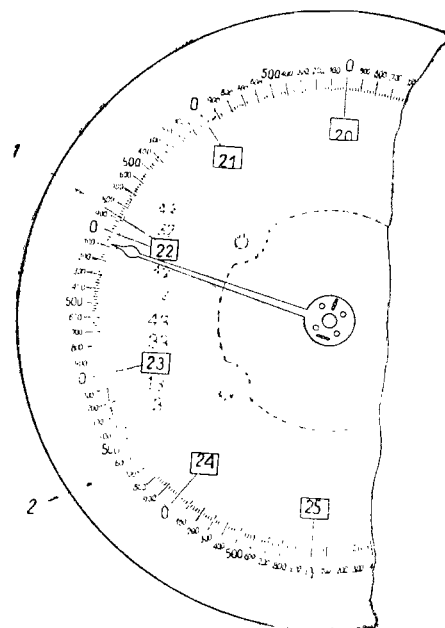


Fig. 1.97. Cadran cu rotații multiple.

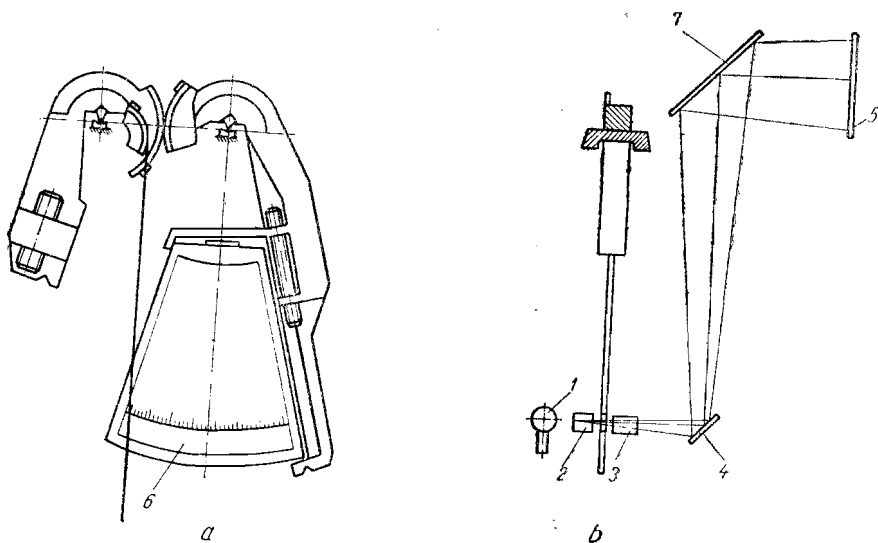


Fig. 1.98. Cap de cîntărire cu indicație prin proiecție:
a — dispozitivul de proiecție; b — microscara proiectată.

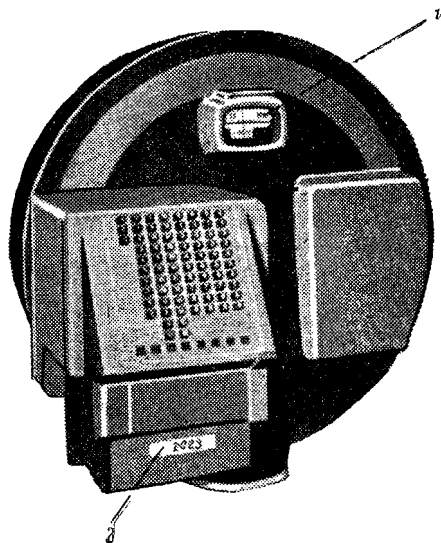


Fig. 1.99. Cap de cîntărire cu imprimare a valorii sarcinii cîntărite.

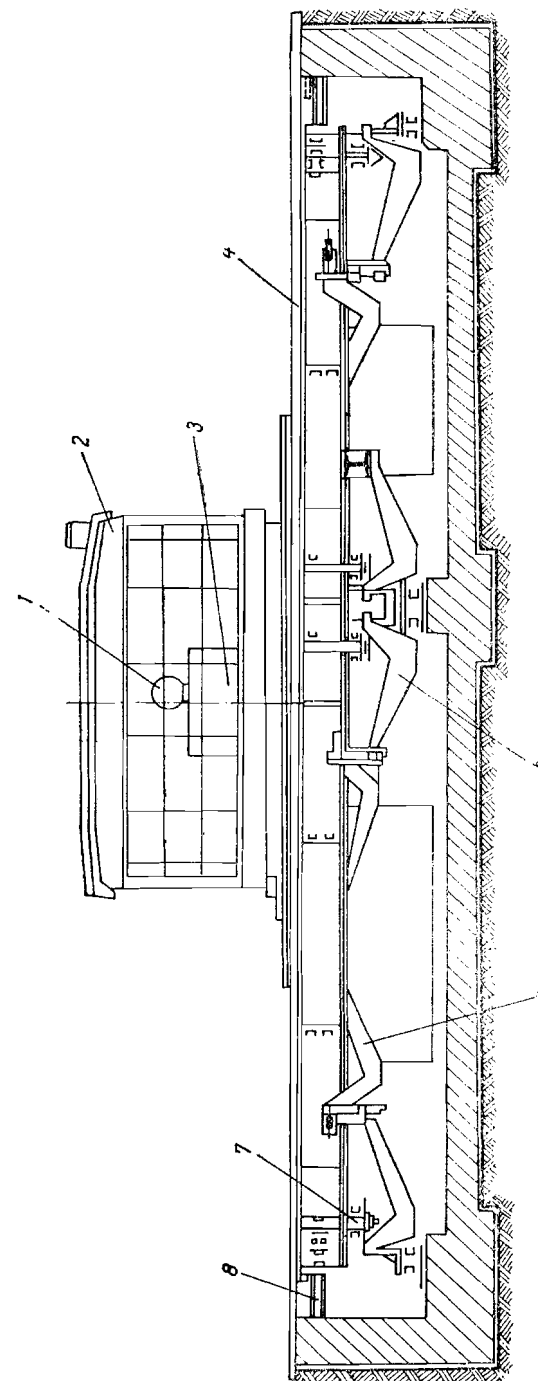


Fig. 1.100. Basculă semiautomată pod pentru vagoane:

1 — cep de cîntărire; 2 — cabină; 3 — șină; 4 — coloană; 5 — pîrghii de sarcină; 6 — pîrghii de comunicare; 7 — suport cu role; 8 — tamponare.

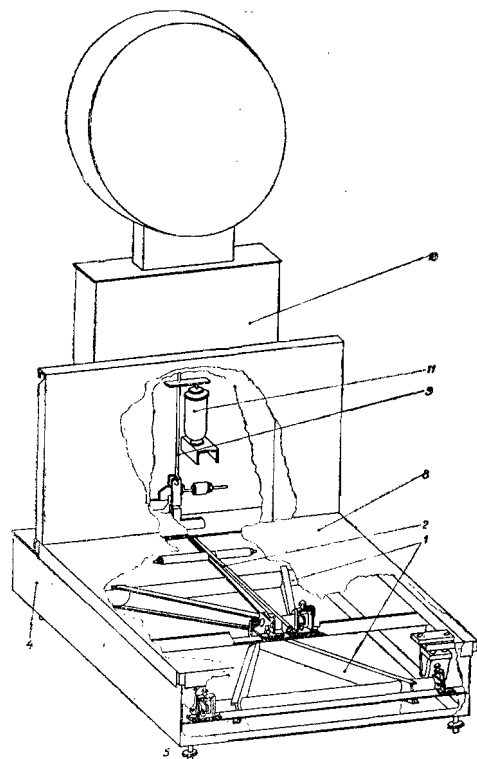


Fig. I.101. Basculă semiautomată obișnuită:

1 — pîrghii de sarcină; 2 — pîrghii de transmitere; 4 — postament; 5 — picioare de calaj; 8 — platformă; 9 — tijă de tracțiune; 10 — co-loană; 11 — amortizor.

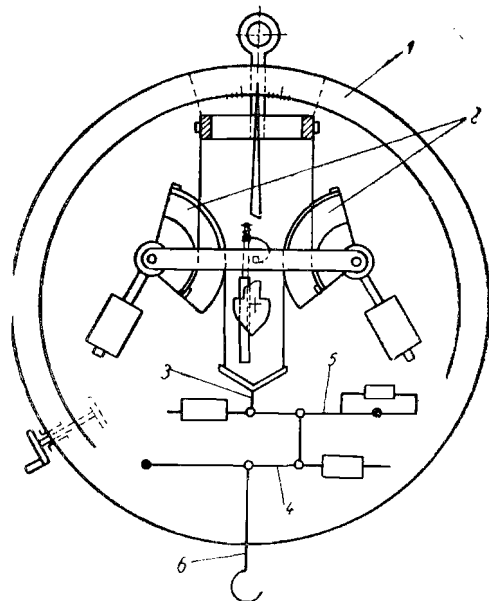


Fig. I.102. Basculă semiautomată suspendată.

În figura I.101 este reprezentată o basculă semiautomată obișnuită. Bascula semiautomată suspendată (fig. I.102) are o carcasă 1 în care se află montat dispozitivul de înclinare 2, care, la rîndul lui, este legat, prin tijă de tracțiune 3, de sistemul de pîrghii constituit din pîrghia de sarcină 4 și din pîrghia intermediară 5. Corpul de cîntărit se atîrnă la cîrligul de sarcină 6.

d. **Aparate de cîntărit semiautomate pentru ambalat.** În industria materialelor de construcții, chimică și alimentară se folosesc aparate semiautomate care, odată cu operația de cîntărire a materialelor sau

a produselor, efectuează și introducerea acestora în ambalaje, respectiv în saci sau pungi.

În figura I.103 este reprezentată o balanță semiautomată de însăcuit ciment, în saci de 50 kg. După cum se vede în figură, aparatul de cîntărit este o balanță simplă, care se sprijină pe un postament fixat pe o fundație din beton 7.

Postamentul are două suporturi din oțel 3, pe care sînt montate cuțitele de sprijin 4, cu muchiile în sus, pe care se sprijină pîrghia balanței 6, prin intermediul pernițelor fixe 5. Balanța propriu-zisă este formată dintr-o pîrghie dublă 6, pe brațul din stînga avînd suspendat talerul

pentru greutatea 2, iar pe brațul din dreapta suportul pentru saci 7, denumit scaun. Pe scaun se așază sacii de hîrtie, cu valvă, goi, care, după umplere, cu ajutorul manetei 8, se răstoarnă pe banda transportoare.

Cimentul este adus de un alimentator cu melc în camera de alimentare 9, din care apoi trece spre camera rotorului cu palete 10 acționat de un motor electric. Cimentul este împins, prin tubul de umplere 11, în sacul de hîrtie fixat la extremitatea acestuia. Tubul de umplere este format din două porțiuni: una fixată la camera rotorului cu palete și cealaltă la scaun, pentru a permite balanței să se încline pe măsură ce sacul se umple cu ciment. În momentul cînd acesta a atins masa de 50 kg, șubărul 12 închide trecerea cimentului, iar operatorul răstoarnă sacul pe bandă.

La balanța semiautomată pentru însăcuit produse pulverulente (fig. I.104), operatorul fixează sacul la gura de umplere și declanșează debitul de produs. Introducerea produsului în sac, cîntărirea, precum și oprirea debitului se efectuează automat de către balanță. Apoi operatorul dă jos sacul de pe balanță.

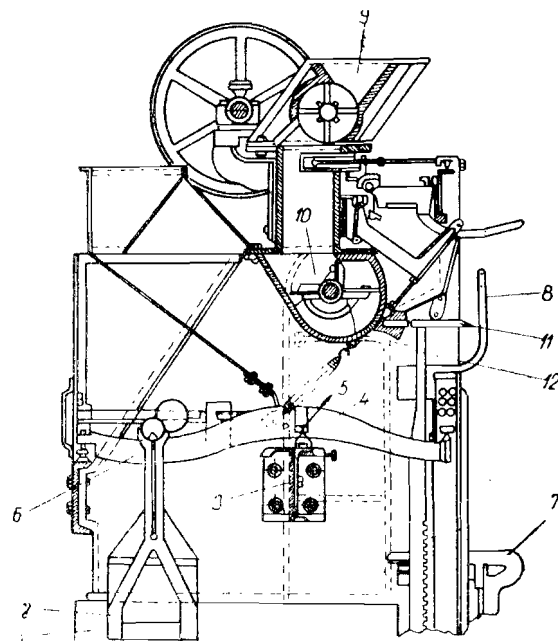


Fig. I.103. Balanță semiautomată pentru însăcuit ciment.

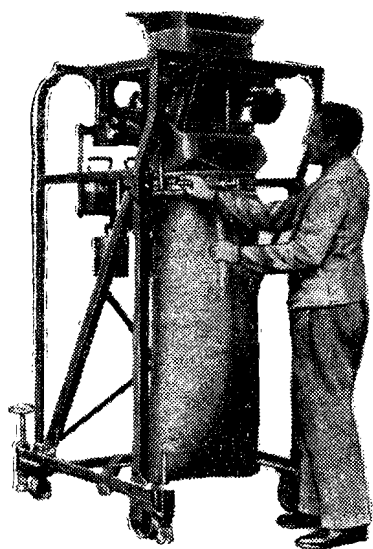


Fig. I.104. Balanță semiautomată pentru însăcuit produse pulverulente.

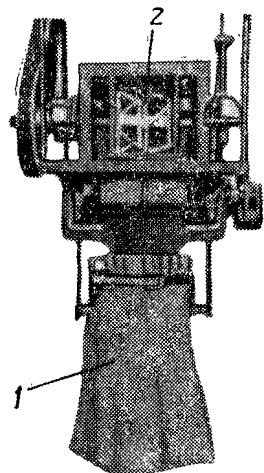


Fig. I.105. Balanță semiautomată transportabilă pentru însăcuit produse granulare.

Pentru materialele granulare care curg mai greu, cum sînt îngrășămintele sau alte produse chimice, se utilizează balanțe semiautomate de ambalat de tipul celei arătate în figura I.105. Materialul de cîntărit este adus și împins cu ajutorul paletelor 2, acționate de un motor, în sacul 1 atîrnat de balanță.

Q. Aparat de cîntărit semiautomat pentru dozat. În industrie este foarte răspîdită cîntărirea de cantități constante de materiale, în scopul dozării acestora într-un anumit proces tehnologic. Astfel de dozări se întîlnesc frecvent în cele mai diferite ramuri ale industriei, cum sînt: industria chimică, metalurgică, alimentară, a materialelor de construcție etc. De exemplu, în construcții, pentru pregătirea betonului se dozează cimentul, nisipul, pietrișul și apa, precum și diferite adaosuri speciale. De asemenea, în industria sticlei se formează, prin dozare, încărcătura cuptoarelor. Aceste operații se fac cu aparate de cîntărit semiautomate pentru dozat, care au la bază balanțe sau bascule semiautomate. Există aparate de dozat acționate manual, care sînt însă mai puțin utilizate, avînd o productivitate scăzută.

În general, aparatele semiautomate de dozat au aceleași părți componente ca și aparatele semiautomate pentru preambalat. Aparatele semiautomate de dozat sînt de două feluri: transportabile și stabile. Cele transportabile sînt necesare acolo unde dozarea materialelor nu poate fi făcută în imediata apropiere a locului de producție, din diferite cauze, cum ar fi lipsa de spațiu, temperatura prea ridicată etc. În figura I.106 se arată un aparat semiautomat transportabil pentru dozat, așezat pe un cărucior, care poate fi deplasat pe șine, în interiorul întreprinderii, acolo unde este necesară dozarea materialelor.

Aparatele semiautomate de dozat stabile sînt, de obicei, montate pe un postament de beton. Există și unele tipuri suspendate pe un schelet metalic, cum este cel din figura I.107.

Acest dozator este folosit pentru cîntărit cantități constante de ciment la prepararea betonului și funcționează în felul următor: cantitatea de ciment necesară, după rețeta respectivă, se obține prin deplasarea corespunzătoare a cursorilor de pe pîrghiile gradate din cutia cu pîrghii în fața aparatului. Prin intermediul unui comutator, montat la una din pîrghiile cu cursor, se comandă electric închiderea sau deschiderea scurgerii cimentului, operație efectuată prin ventile pneumatice.

De obicei, la fabricarea betonului, împreună cu dozatorul de ciment funcționează și dozatoare pentru diferite sorturi de pietriș și doza-

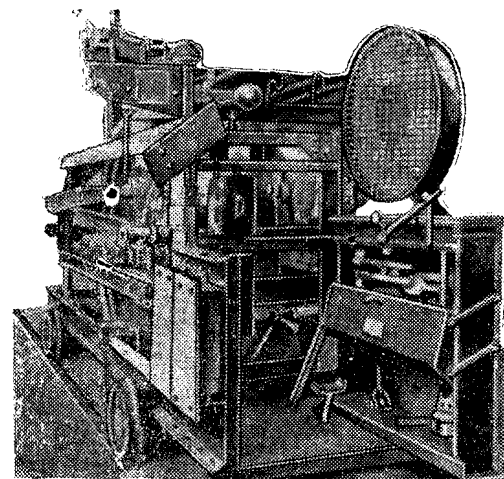


Fig. I.106. Balanță semiautomată transportabilă pentru dozat.

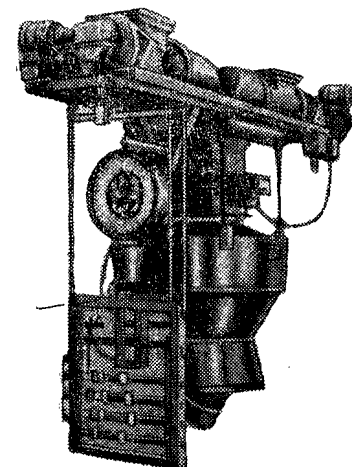


Fig. I.107. Dozator pentru ciment.

toare de apă al căror recipient de sarcină este un rezervor. Adesea, aceste dozatoare funcționează combinat, formînd agregate complexe.

La aceste dozatoare, a căror limită maximă ajunge pînă la 3 000 kg, se poate asigura o precizie de cîntărire de $\pm 0,5 - 2\%$. Randamentul acestor dozatoare este destul de mare, întrucît durata unei cîntăriri este în general de 35–60 s, în funcție de capacitatea dozatorului respectiv.

Verificarea cunoștințelor

1. Cum se clasifică aparatele de cîntărit semiautomate?
2. Ce este dispozitivul de înclinare la aparatele de cîntărit semiautomate cu cadran?
3. Ce este caracteristic la dispozitivul de înclinare de tangentă? Dar de sinus? Dar la cele diferențiale?
4. Prin ce procedeu se obține diviziuni uniforme la aparatele de cîntărit semiautomate:
 - Rectificarea dispozitivelor de înclinare?
 - Utilizarea la dispozitivul de înclinare a unui sistem de multiplicare a rotației acului indicator?
5. Care sînt caracteristicile dispozitivelor de indicare?
6. Care este motivul pentru care este necesară înzestrarea aparatelor de cîntărit semiautomate, îndeosebi a celor cu cadran cu dispozitive amortizoare?
7. Care este avantajul principal al balanțelor semiautomate cu greutatea așezate manual față de o balanță manuală, de exemplu, balanță compusă:
 - O precizie mai mare?
 - Rapiditatea cîntăririlor?
 - O cîntărire mai comodă?
8. Care este componenta caracteristică a aparatelor de cîntărit semiautomate cu cadran:
 - Sistemul de pîrghii?
 - Dispozitivul de înclinare?
 - Dispozitivul de indicare?
 - Amortizorul?
9. Să se facă o comparație, în ceea ce privește construcția, pentru o balanță de înclinare și o balanță semiautomată cu cadran fără greutate.
10. Să se calculeze masa etalon necesară pentru verificarea reperului 90 tex, la o balanță semiautomată cu cadran pentru finețea firelor (balanță de înclinare) pentru scara de 10 m.
11. Să se indice principalele caracteristici de construcție ale amortizoarelor.
12. Care este modul de funcționare a capului de cîntărire cu rotație multiplă?
13. Care sînt calitățile capetelor de cîntărire moderne?

14. Să se descrie și să se arate modul de funcționare a balanței semiautomate pentru însăcuit ciment?
15. Să se enumere aparatele de cîntărit semiautomate pentru dozat utilizate în diferite domenii.

2. Aparate de cîntărit automate

Aparatele de cîntărit automate execută toate operațiile din procesul de cîntărire fără participarea operatorului. Din această categorie fac parte atît balanțele automate înregistratoare destinate cîntăririi cerealelor, balanțele înregistratoare de dozat în pungi și saci, precum și basculele înregistratoare cu bandă transportoare.

a) **Balanțe automate înregistratoare.** Balanțele automate înregistratoare sînt aparate de cîntărit folosite în silozuri, mori, întreprinderi industriale etc., pentru cîntărirea și totalizarea cantităților de produse și materiale în bucăți sau pulverulente. Construcția acestor aparate se bazează pe principiul pîrghiilor cu brațe egale, prevăzute cu dispozitive care efectuează în mod automat încărcarea, cîntărirea și descărcarea produselor ce se cîntăresc.

Balanțele automate se clasifică, după modul de descărcare a cupei și după granulozitatea produselor sau a materialelor ce se cîntăresc cu ajutorul lor, în mai multe categorii.

a) *Balanțele automate înregistratoare pentru materiale granulare* servesc pentru cîntărirea materialelor în bucăți mici, cum ar fi: grîu, secară, porumb, floarea soarelui etc. Balanța automată înregistratoare cu cupă basculantă pentru materiale granulare (fig. I.108) are următoarele părți componente principale:

Postamentul 1, care este constituit din două suporturi metalice fixate pe fundație, în cazul balanțelor stabile sau pe un cadru rigid prevăzut cu roți, pentru cele transportabile.

Balanța propriu-zisă, care este o balanță simplă cu brațe egale este alcătuită din pîrghia dublă 2, cupa 3 și talerul pentru greutatea 4.

Dispozitivul de compensare are rolul de a închide dispozitivul de alimentare cu puțin mai înainte ca în cupă să se găsească cantitatea de material ce trebuie cîntărită.

Închiderea dispozitivului de alimentare se produce în momentul în care materialul din cupă împreună cu materialul ce se găsește în cădere în momentul închiderii, însumează o masă egală cu aceea stabilită pentru a fi cîntărit. Acest dispozitiv este alcătuit din pîrghia de compensare 5, la care este montată o bară cu scara gradată pe care

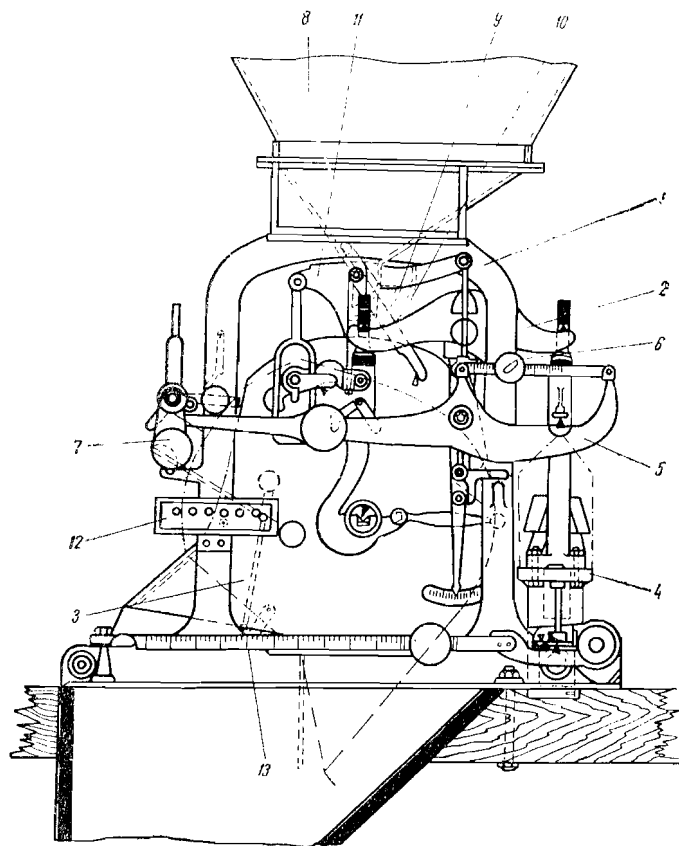


Fig. I.108. Balanță automată înregistratoare cu cupă basculantă pentru materiale granulare.

se deplasează un cursor de reglaj 6, care are rolul de a regla forța de apăsare de jos în sus ce acționează asupra unei pernțe de la taler. În felul acesta se ușurează intenționat masa talerului pentru a se asigura închiderea dispozitivului de alimentare înainte ca în cupă să se găsească cantitatea de material ce trebuie cântărit.

Dispozitivul de blocare 7 al pîrghiei care are rolul de a bloca pîrghia de compensare în timpul verificării.

Dispozitivul de alimentare servește la primirea materialului în pîlnia 8 care trece mai departe în cupa 3. Acest dispozitiv asigură,

prin închiderea pe rînd a celor două clapete 9 și 10, alimentarea cupei în două faze: alimentarea grosieră și alimentarea fină.

Dispozitivul de descărcare servește la oprirea alimentării fine și la acționarea dispozitivului 11 care produce descărcarea materialului cîntărit în cupă cînd acesta ajunge la cantitatea stabilită. Acest lucru este realizat prin răsturnarea cupei care este astfel construită ca formă, încît să-și deplaseze centrul de greutate prin încărcarea cu material. După golire, centrul de greutate revine la poziția inițială, ceea ce face ca și cupa să revină la poziția inițială și astfel să poată începe un nou ciclu de cîntărire.

Dispozitivul de numărare 12 este montat la postament și intră în funcțiune după fiecare răsturnare a cupei numărînd răsturnările acesteia.

Balanța auxiliară 13 servește pentru a cîntări restul de material rămas în cupă după ultima cîntărire automată; acest rest are o masă mai mică decît cantitatea ce urma a fi cîntărită, astfel încît cupa nu se mai poate goli automat.

b) *Balanțele automate înregistratoare cu cupă basculantă pentru produse în bucăți mari.* Cu ajutorul acestor balanțe (fig. I.109) se cîntăresc produsele în bucăți mari, cum ar fi: sfeclă, cartofi, cărbuni etc.

Cantitățile de produse cîntărite cu aceste balanțe nu pot fi constante ca la balanțele automate pentru produse în bucăți mici sau pulverulente, deoarece produsele fiind în bucăți mari, nu se pot ajusta în cantități mai mici. Cantitățile cîntărite sînt totdeauna ceva mai mari decît limita maximă de cîntărire a balanței (sau a masei pentru care a fost reglată balanța să fie utilizată).

Balanțele automate cu cupă basculantă pentru produse în bucăți mari au același principiu de funcționare ca și al balanțelor automate pentru produse în bucăți mici, deosebindu-se însă de acestea, constructiv, prin aceea că la balanțele pentru cîntărit produse în bucăți mari lipsesc dispozitivul de compensare, dispozitivul de

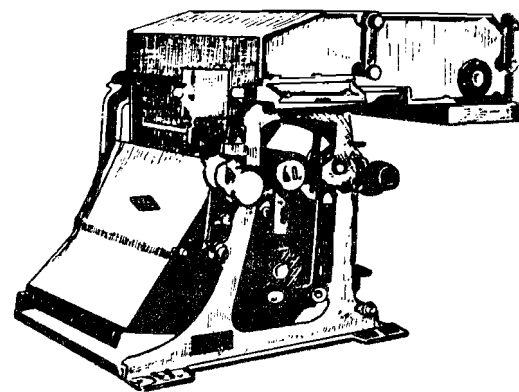


Fig. I.109. Balanță automată înregistratoare pentru materiale în bucăți mari.

alimentare fină și balanța auxiliară. Aceste balanțe au o singură clapetă de închidere, asigurând astfel numai alimentarea grosieră.

De asemenea, aceste balanțe au un dispozitiv de însumare cu două mecanisme. Unul dintre acestea însumează masele corespunzătoare greutateilor de pe taler după fiecare răsturnare a cupei, iar cel de-al doilea însumează, printr-un dispozitiv mecanic, cantitățile în plus peste sarcina de utilizare.

c) *Balanțele automate înregistratoare cu baza cupei rabatabile* au, în principiu, aceleași părți componente cu cele ale balanțelor cu cupă basculantă. Cupa este de formă tronconică, cu baza mare la partea superioară. Aceste balanțe au o productivitate mare ajungând să efectueze chiar 20—25 cîntăriri pe minut. Ele sînt combinate cu diferite tipuri de alimentatoare și diferite dispozitive de comandă pentru încărcare și descărcare; aceste dispozitive de comandă pot fi mecanice, electrice, pneumatice etc.

În figura I.110 este reprezentată o balanță automată înregistratoare cu baza cupei rabatabilă, pentru var, antracit și cocs.

b) *Balanțele automate pentru ambalat.* Într-o serie de întreprinderi, pe lângă cîntărirea în cantități constante a unor materiale și produse, este necesară și introducerea rapidă a acestora în: pungi, saci, cutii, lăzi, butoaie etc.

S-a arătat la capitolul precedent că s-au construit în acest scop balanțe semiautomate pentru ambalat. Există însă balanțe care fac aceste operații complet automat, adică fără intervenția operatorului. De fapt, acestea sînt niște instalații complexe, care, în afară de aparatul

de cîntărit, au o serie întreagă de dispozitive speciale automate pornind de la alimentarea cu produsul de cîntărit pînă la lipirea sau capsarea, după caz, a ambalajului.

Este caracteristic pentru aceste aparate că au o productivitate foarte mare, o precizie de dozare ridicată, precum și posibilitatea de a modifica sarcina de cîntărit, după nevoie. Majoritatea aparatelor de acest tip se construiesc, în general, pentru limite maxime de cîntărire de: 25, 50, 100, 200 și 500 g și 1, 2, 5, 10, 20 kg, ajungînd pînă la 200 kg.

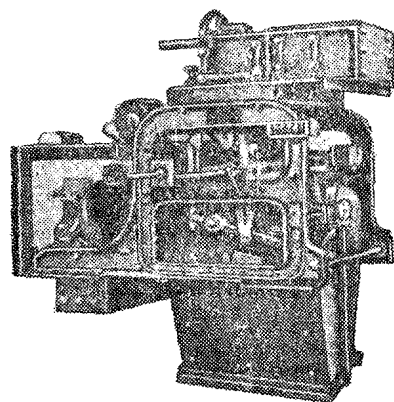


Fig. I.110. Balanță automată înregistratoare cu baza cupei rabatabilă.

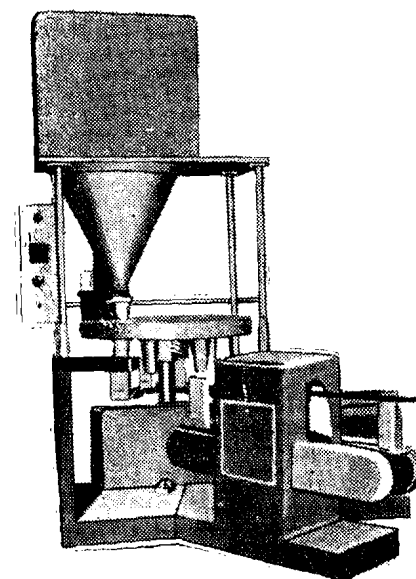


Fig. I.111. Balanță automată cu acționare electrică.

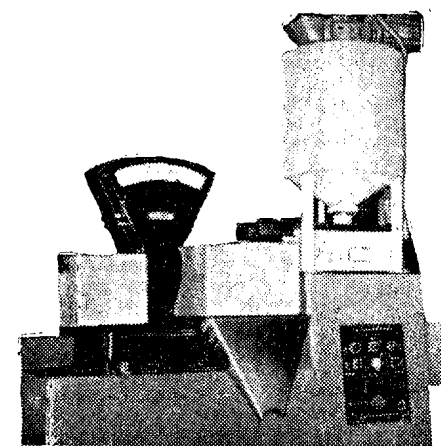


Fig. I.112. Balanță automată pentru ambalat produse alimentare.

Din prima categorie face parte balanța automată reprezentată în figura I. 111. Această balanță modernă, acționată electric, ambalează în pungi produsele alimentare granulare, cum sînt: orezul, zahărul etc. Sarcinile de utilizare ale balanței sînt în mod obișnuit de 500 sau 1 000 g. Productivitatea unei astfel de balanțe nu depășește 15—18 cîntăriri pe minut.

Pentru mărirea productivității la aceste aparate, cîntărirea se face în mai multe etape cu mai multe balanțe, și astfel se ajunge pînă la 24—30 cîntăriri pe minut.

Un alt model reprezentativ pentru această categorie de aparate de cîntărit este dozatorul pentru fulgi de cartofi realizat de Întreprinderea Balanța Sibiu (fig. I.112). Dozatorul are la bază o balanță semiautomată de 2 kg, căreia i s-au efectuat o serie de modificări. Astfel talerul de marfă s-a înlocuit cu o cupă de dozare cu clapetă de golire acționată de un electromagnet. În fața acului indicator este amplasat dispozitivul de programare compus din două sesizoare cu fotodiode a căror poziție în raport cu scara gradată se poate regla din exterior.

În momentul cînd acul indicator depășește primul sesizor, acesta comandă închiderea alimentării grosiere a buncărului din care materialul ajunge în cupa de dozare. La obturarea de către acul indicator al celui de al doilea sesizor, acesta comandă închiderea alimentării fine astfel încît cu precizia cerută să se deverseze în ambalajul pregătit masa de fulgi prestabilită.

Pentru asigurarea curgerii line a materialului de dozat, instalația este prevăzută cu un vibrator electromagnetic care vibrează jgheabul de alimentare prin care materialul trece prin buncărul de alimentare în cupa de dozare a balanței.

Ca performanțe metrologice, aparatul asigură precizia de dozare de $\pm 1\%$ pentru doze între 200 g și 1000 g și $0,5\%$ pentru doze cuprinse între 1 kg și 2 kg. Durata unui ciclu de dozare este de circa 6 secunde.

c.) Balanțe automate de însăcuit. Tot la întreprinderea „Balanța” s-a realizat, în baza unei soluții similare, un dozator pentru însăcuit în plase cartofi și ceapă (fig. I.113). La baza dozatorului se află o balanță semiautomată de serie cu două talere și cu limita maximă de cîntărire de 5 kg. Pe talerul de marfă se fixează cupa de dozare prevăzută cu două clapete pentru evacuarea produselor cîntărite, acționate de un electromagnet de la dispozitivul de comandă. Talerul pentru greutatea de lucru este acoperit cu o cutie metalică de protecție, care poate fi sigilată pentru a preveni modificarea abuzivă a sarcinii dozate. În interiorul balanței semiautomate se introduc două sesizoare fotoelectrice, a căror poziție în raport cu scara gradată poate fi deplasată din exterior.

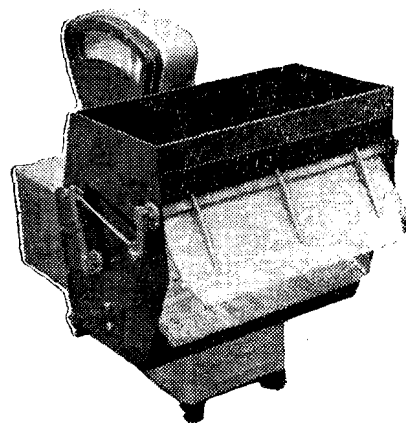


Fig. I.113. Balanță dozator pentru însăcuit în plase.

La trecerea acului indicator în fața primului sesizor, prin obturarea fasciculului luminos se generează un semnal electric la ieșirea fotorezistenței, semnal care comandă oprirea benzii elevatoare de alimentare grosieră și totodată pornirea benzii pentru alimentarea fină. La obturarea de către acul indicator a celui de al doilea sesizor (corespunzător atingerii cantității de produse prestabilite), în baza aceluiași mecanism se comandă oprirea benzii elevatoare de alimentare fină și deschiderea clapetelor cupei pentru evacuarea produselor cîntărite.

Precizia dozatorului este: ± 25 g la ambalaje de 1 kg; ± 75 g la ambalaje de 3 kg; ± 125 g la ambalaje de 5 kg.

Productivitatea variază de la 735 kg/h la ambalaje de 1 kg, la 1765 kg/h la ambalaje de 5 kg.

d) Aparat de cîntărit dozatoare. Una din tendințe în construcția modernă de aparate de cîntărit constă în realizarea unei game largi de aparate de dozat diverse produse în cantități fixe pentru comercializare preambalată sau pentru nevoile unor procese tehnologice.

În acest cadru au fost realizate și la noi în țară o serie de modele perfecționate de asemenea dozatoare, produse ulterior în serie de unitățile constructoare de aparate de cîntărit. Tipică pentru această categorie de aparate este familia de dozatoare gravimetrice cu funcționare discontinuă, produsă de întreprinderea „Balanța”-Sibiu. Familia este compusă dintr-o mare varietate de aparate diferite ca limite maxime de cîntărire, materiale de dozat și destinație (funcționare), realizate însă în baza unor idei de tipizare cu o maximă economie de componente diferite.

Șirul standard de limite maxime de cîntărire pentru care se construiesc asemenea aparate este de 50, 100, 200, 500, 1 000 și 2 000 kg.

Principalele utilizări ale acestor aparate, care de obicei cîntăresc, în baza unor rețete constante, două pînă la patru componente, cu posibilități de a extinde chiar mai mult numărul acestora, le găsim în industria metalurgică (furnale, oțelării, turnătorii), în industria construcțiilor (prepararea betoanelor), în industria chimică, în industria alimentară etc. În aceste aplicații, dozatoarele efectuează dozări cumulative, adică un sort de material cîntărit se depune peste sortul cîntărit anterior, după terminarea unui ciclu reluîndu-se seria de dozări cumulative.

Principalele componente ale unui asemenea aparat de cîntărit sînt: postamentul, sistemul de pîrghii, receptorul de sarcină, coloana, dispozitivul de cîntărire, dispozitivul de programare, dispozitivul de alimentare, dispozitivul de golire.

În figura I.114 se prezintă schema sinoptică a principalelor variante constructive în care se realizează aceste componente. Astfel, în funcție de natura materialului de dozat (pulverulent sau lichid), ca și de granulația acestuia, dispozitivul de alimentare și cel de evacuare poate fi realizat cu clapete cu sau fără obturator (a și b), cu șibăr (c), cu sector simplu (d) sau dublu (e), cu dop conic (f), cu jgheab vibrant (g) sau fluidizant (h), cu șneac (i), cu bandă (j) sau cu diverse tipuri de pompe (k și l).

Dispozitivele de golire sînt asemănătoare, constructiv și funcțional, cu dispozitivele de alimentare din figura I.114, exceptînd dispozitivul de tip a care este folosit numai pentru alimentare.

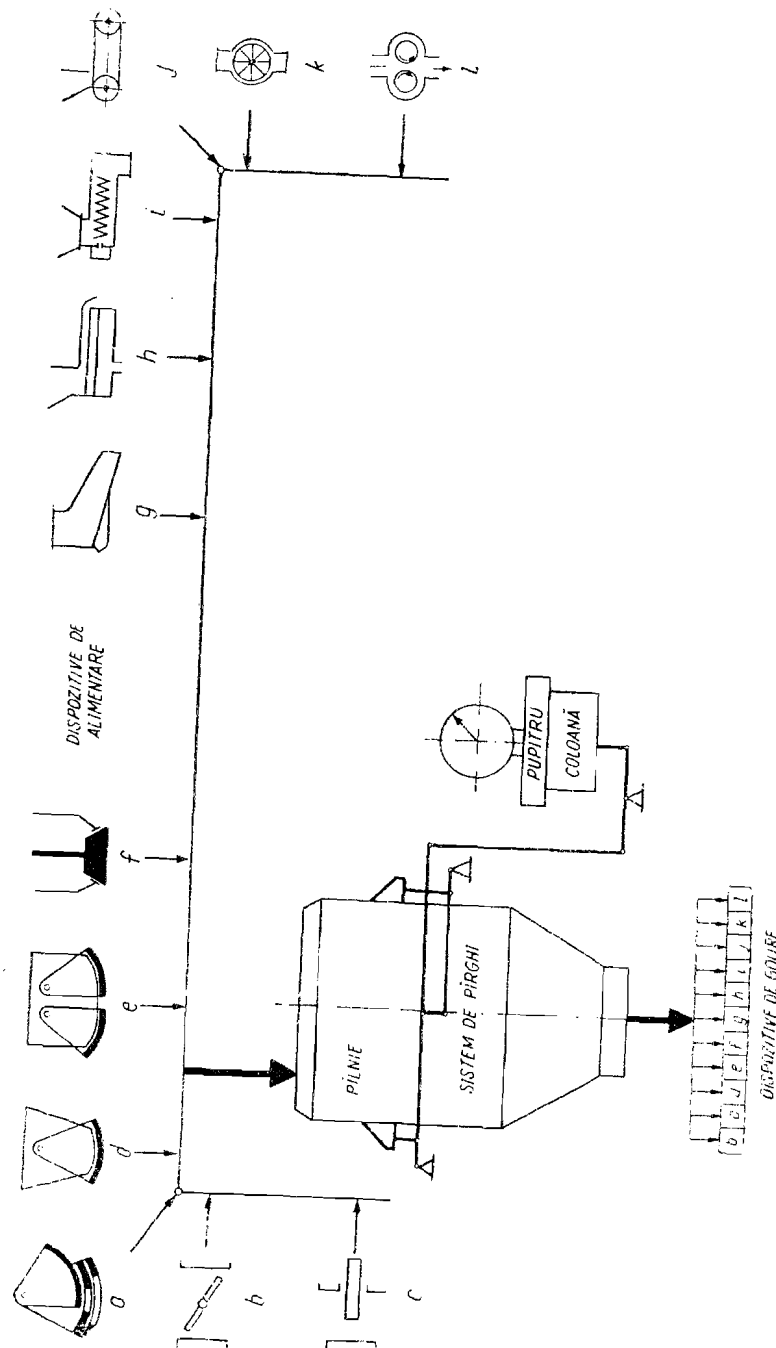


Fig. I.114. Dozatoare gravimetrice — schemă sinoptică.

După cum se vede din schema prezentată în figura I.114, prin intermediul dispozitivului de alimentare materialul de dozat este colectat în pîlnie, respectiv în receptorul de sarcină. Aparatul de cîntărit propriu-zis este o basculă realizată dintr-un sistem de pîrghii. Deplasarea pîrghiei de sarcină se transmite unui cap de cîntărire prin pîrghii intermediare.

În figura I.115 se prezintă ansamblul unei coloane cu cap de cîntărire, la care pîrghia de sarcină acționează prin tracțiune. În cadrul capului de cîntărire (de tip CA-4), cu contra-greutăți, sau (CA-2) cu arcuiri spirale, este amplasat și programatorul. Acesta este realizat sub forma unor brațe (7) care se pot deplasa, din exteriorul capului, în direcțiile în care se deplasează și acul indicator.

La primele variante, semnalul de comandă pentru oprirea alimentării se obține prin intermediul unor microcontacte, care la atingerea unei anumite valori prestabilite de către acul indicator comandă închiderea unor relee de apropiere.

În variantele mai perfecționate, utilizate în construcțiile actuale, brațele programatorului sînt prevăzute cu un sistem de palpate foto-electrică, compus dintr-un fotorezistor și o sursă de lumină.

Pe acul indicator este aplicat un steguleț metalic, care la atingerea masei programate obturează fasciculul luminos de pe brațul programatorului respectiv, determinînd prin aceasta modificarea rezistenței fotorezistorului, ceea ce are ca efect apariția unui semnal electric care comandă oprirea alimentării cu material.

Dispozitivele de golire au în general o construcție asemănătoare cu aceea a dispozitivelor de alimentare.

e. Bascule automate înregistratoare. Pentru cîntărirea continuă a materialelor care se transportă pe bandă se utilizează aparate de cîntărit automate, care au la baza construcției o basculă. Acestea

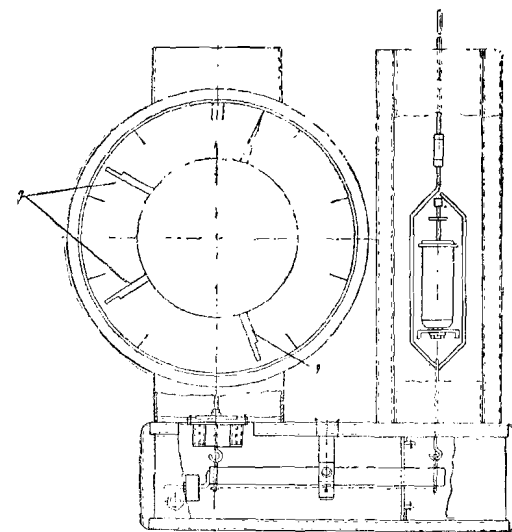


Fig. I.115. Dozator — ansamblu coloană cu cap.

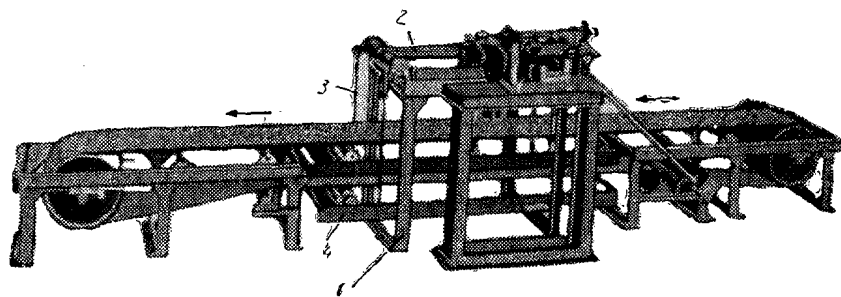


Fig. 1.116. Basculă automată pentru transportor cu bandă orizontală.

efectuează operația de cîntărire fără a tulbura avansul lin al materialelor pe bandă, însumînd valorile maselor cîntărite. Se folosesc în industria chimică, metalurgică, alimentară sau energetică (termocentrale). Ele sînt însă folosite și în sisteme de automatizare, atunci cînd sînt prevăzute cu dispozitive speciale de acționare și reglare automată, în scopul dozării anumitor materiale.

a) *Basculă automate pentru transportor* (fig. 1.116). Acestea sînt instalate într-o deschizătură practică în postamentul transportorului. Postamentul 1 al basculei sprijină cele două pîrghii de suport al sarcinii 2, care susțin, prin intermediul unor tije 3, cadrul basculei 4 pe care sînt așezate rolele. Acestea sînt la aceeași înălțime cu rolele transportorului, care susțin banda ce se deplasează în sensul arătat de săgeată, transportînd materialul adus din tubul de aducție.

Aceste bascule au o funcționare ciclică, un ciclu de cîntărire reprezentînd timpul în care trece pe cîntar porțiunea de bandă egală cu lungimea teoretică a benzii. Aceasta este reprezentată prin porțiunea de bandă ce apasă pe cadrul 4 al basculei. Basculele cîntăresc ciclic materialul sau produsul care se găsește la un moment dat pe lungimea teoretică a benzii, însumînd totodată valorile maselor cîntărite la un totalizator asemănător cu cel descris la balanțele automate.

Basculile pentru transportor se pot monta atît la transportoare orizontale cît și la transportoare înclinate față de orizontală cu un unghi pînă la 25°.

În țara noastră se fabrică bascule automate pentru transportor atît cu bandă orizontală cît și cu bandă înclinată (fig. 1. 117). Acestea sînt utilizate pentru cîntărirea automată și continuă a materialelor, ca: minereuri feroase sau neferoase, diverse sorturi de cărbuni, sare etc.

b) *Basculă automate dozatoare cu bandă*. Aceste aparate, care au la baza construcției lor o basculă, transportă pe bandă și aduc într-un

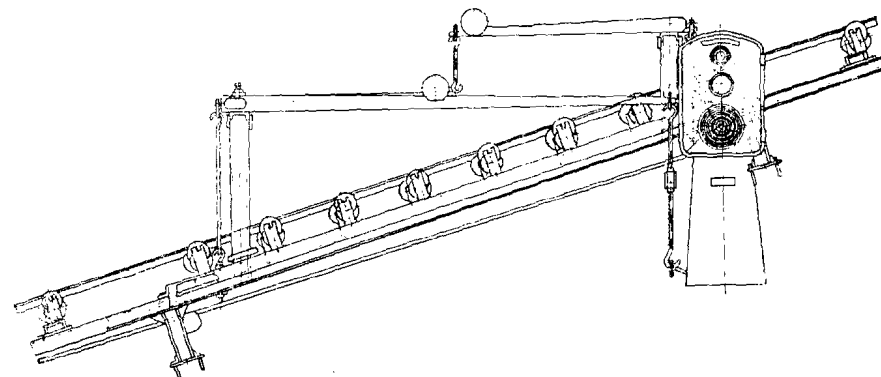


Fig. 1.117. Balanță automată pentru transportor cu bandă înclinată.

flux uniform cantitățile de material necesare pentru dozare. Basculele automate sînt similare în ceea ce privește construcția cu bascule automate pentru transportor. La basculele automate dozatoare, menținerea debitului de material pe bandă este însă o condiție obligatorie. În acest scop, aceste aparate sînt prevăzute cu dispozitive mecanice, electrice, electronice sau pneumatice pentru reglarea automată a debitului de material.

D. DIGITALIZAREA APARATELOR DE CÎNTĂRIT CU PÎRGHII

O tendință ce se manifestă din ce în ce mai pregnant în construcția aparatelor de cîntărit este digitalizarea. Principiul digitalizării constă în crearea condițiilor pentru o afișare (imprimare) numerică, adică direct sub formă de cifre, a rezultatului cîntăririi.

Afișarea numerică prezintă față de afișarea analogică mai multe avantaje, și anume:

- eliminarea erorilor subiective de citire;
- vizualizarea rapidă a informației de măsurare;
- interpretarea ușoară a informației.

Totodată, aparatele de cîntărit digitale prezintă și avantajul unor erori neînsemnate în cazul transmiterii rezultatelor cîntăririi la distanță. Dacă transmiterea se realizează sub forma unui cod de impulsuri, dispozitivul de codificare poate fi realizat fără dificultate, astfel încît semnalul să fie în limite largi insensibil față de erorile care au ca efect modificarea amplitudinii impulsurilor. În același timp

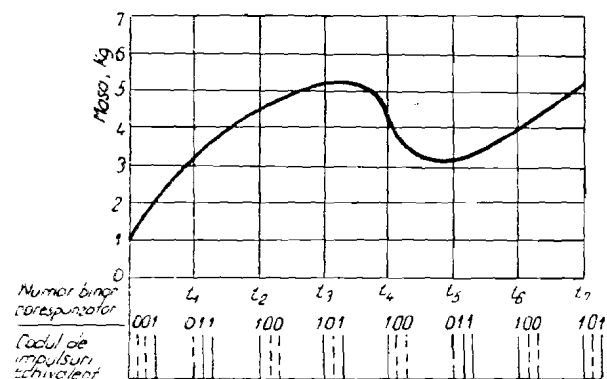


Fig. I.118. Diagrama înregistrării cîntării la o basculă.

un asemenea dispozitiv poate detecta automat erorile care constau în pierderea unui impuls și poate să corecteze automat rezultatul, sau să repete operația de generare a combinației de impulsuri.

În cazul aparatelor de cîntărit cu pîrghii prevăzute cu afișare digitală, se păstrează nemodificat sistemul de pîrghii al balanței (basculi clasice), uneori chiar și sistemul de afișare analogică și se asociază un convertor analog — digital, adică un dispozitiv capabil să convertească indicațiile continue (analogice) într-un semnal discret (discontinuu), care apoi este utilizat pentru reprezentarea numerică a rezultatului cîntării.

Pentru a ilustra particularitățile esențiale ale aparatelor digitale de cîntărit, în figura I.118 este indicată curba care rezultă la înregistrarea unor mase cîntărite cu un aparat analogic, de exemplu o basculă transportoare. Cîntările au fost efectuate la timpii: t_1 , t_2 , $t_3 \dots t_7$.

În cazul cînd un asemenea aparat de cîntărit se echipează cu un convertor analog-digital, acesta convertește semnalul continuu într-un cod de numere binare, reprezentat în partea de jos a figurii I.118. Se observă că 0 este reprezentat printr-un pachet de trei impulsuri scurte, iar 1 printr-un impuls mai lung. Pentru simplificarea exemplificării s-a folosit un cod de numai trei ordine*, în construcțiile reale se utilizează 7—8 ordine.

* Cod de numere, în care valorile se reprezintă printr-o combinație de numai două simboluri. În acest scop, în codurile binare se utilizează simbolurile 0 și 1. Ordinul codului se referă la numărul de simboluri binare care se utilizează pentru reprezentarea unei valori.

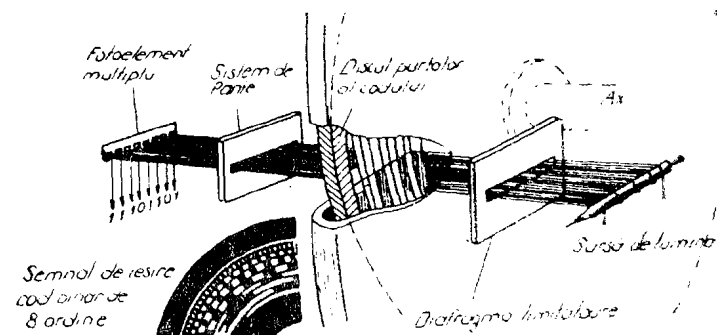


Fig. I.119. Dispozitiv de codificare cu disc.

În cazul unor aparate de cîntărit prevăzute cu sisteme de indicare analogică de tipul scară gradată și ac indicator, convertorul analog-digital poate fi realizat sub forma dispozitivului reprezentat în figura I.119. Partea principală a convertorului este un disc sau un segment de disc purtător al codului, realizat dintr-un material translucid. În figura I.120, *a* este arătat separat un disc. După cum se observă în figura I.119, discul care este legat cu axul său de axul acului indicator se oprește într-o anumită poziție. În această situație, lumina provenită de la o sursă de lumină care generează un fascicul de raze paralele trece numai prin porțiunile transparente ale discului, dispuse concentric. Numărul cercurilor cu asemenea segmente este egal cu numărul ordinelor utilizate în cadrul codului. Razele de lumină ce străbat discul sînt ghidate de un sistem de fante, după care cad pe un

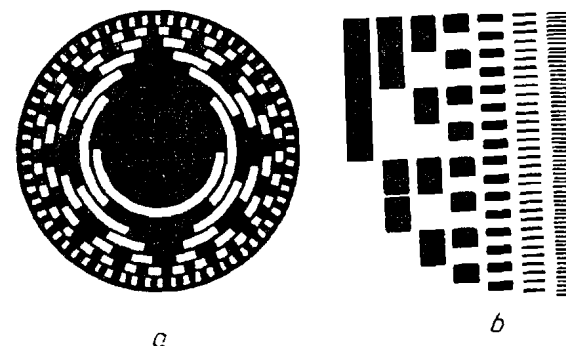


Fig. I.120. Disc codat.

ansamblu de fotoelemente (fotorezistențe). Fotoelementele luminate generează un semnal electric, spre deosebire de cele neluminate a căror tensiune de ieșire rămâne practic nulă. În felul acesta se obține o combinație de semnale electrice binare, corespunzătoare poziției în care s-a oprit discul, adică indicației analogice a aparatului de cântărit.

Un cap de cântărire care cuprinde un asemenea convertor analog-digital, care poate fi asociat oricărui tip de basculă la care sarcina cântărită determină prin sistemul de pârghii o forță la capătul tijei de tracțiune, se prezintă în figura I.121. Practic, în acest convertor nu se utilizează un disc întreg, ci numai un segment de disc 1, fixat prin intermediul unei tiji 2, solidar cu echipajul mobil al capului de cântărire. Lumina provenită de la sursa 3 este trecută printr-un sistem de lentile de focalizare 4, transmițând printr-un sistem de oglinzi 5 imaginea de pe discul cu cod corespunzătoare poziției în care s-a oprit echipajul mobil, adică valorii sarcinii cântărite, sistemului de fotocelele cu fante de ghidare 6. Semnalul electric obținut sub forma unui cod binar este decodificat în blocul 7 și reprezentat numeric de sistemul de afișare 8. Se remarcă faptul că în capul de cântărire este menținut, pentru siguranță în cazul unor defecțiuni, și sistemul de afișare cu scară gradată și ac indicator 9.

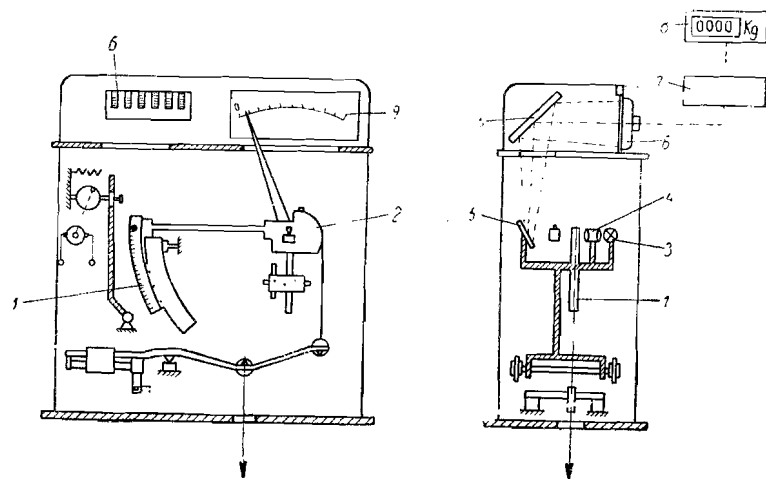


Fig. I.121. Cap de cântărire prevăzut cu convertor analog digital.

O asemenea soluție a fost adoptată și în construcția capului de cântărire cu afișare numerică realizat de întreprinderea „Balanța”-Sibiu (fig. I.122).

În figura I. 123 se prezintă desenul microscării utilizate în construcția acestui cap de cântărire. După cum se observă din fragmentele A—A' în care se reproduce porțiunea inițială și finală a codului utilizat, avem de a face cu 14 simboluri binare, câte patru pentru ordinul unităților, zecilor și sutelor și două pentru ordinul miilor*.

Pentru citirea poziției în care s-a oprit echipajul mobil se folosește un palpator fotoelectric compus din 14 surse de lumină, sisteme optice de focalizare și concentrare (lentilă condensoare și obiectiv) și 14 fotorezistențe. Fiecareia din cele 1009 diviziuni ale scării gradate îi corespunde o anumită combinație (unică) între semnalele binare care provin de la cele 14 cîmpuri ale segmentului de codare.

Pentru afișarea zecimală a rezultatului cântăririi se folosește pe de o parte un convertor de semnale binar-zecimal (dispozitiv decodificator)

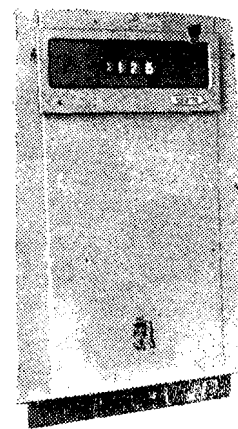


Fig. I.122. Cap de cântărire digital.

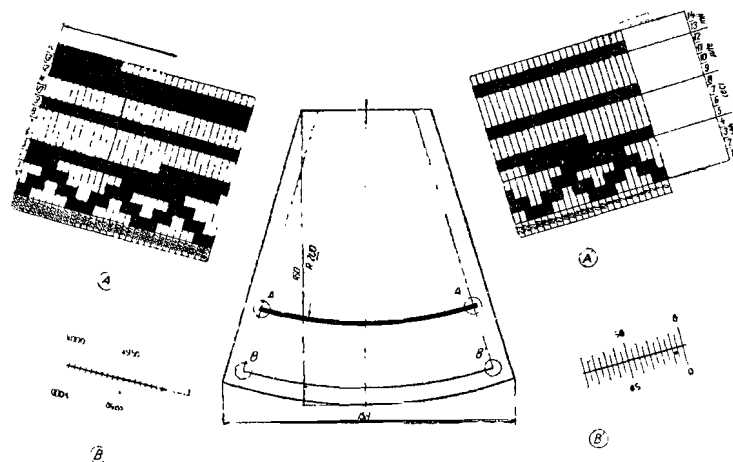


Fig. I.123. Microscară codificată.

* În terminologia întreprinderii „Balanța”-Sibiu acest cod a fost denumit DATEX.

adaptat codului binar utilizat și pe de altă parte un ansamblu de patru tuburi NIXIE.

Se menționează că acest cap de cântărire, avînd semnalul de intrare unificat (8 dN), poate fi adaptat la orice basculă cu un asemenea semnal de ieșire la tija de tracțiune și că pentru înregistrarea rezultatelor cântăririlor și după necesități însumarea acestora, capul de cântărire descris poate fi asociat cu calculatorul de birou Mureș 12 A, care se echipează suplimentar cu un număr de electromagneți comandați secvențial de dispozitivul decodificator pentru acționarea tastaturii.

Balanțe semiautomate digitale. Întreprinderea „Balanța”-Sibiu a realizat de asemenea o balanță semiautomată digitală de uz comercial cu afișarea numerică a masei cântărite, a prețului unitar al produsului cântărit (lei/kg) și a sumei care reprezintă valoarea produsului cântărit (lei).

Partea principală a balanței este un aparat de cântărit de precizie medie, cu echilibrare automată, cu un singur taler pe care se așază marfa ce urmează a fi cântărită (fig. I.124). Balanța este destinată în principal cântăririlor efectuate la desfacerea produselor alimentare, legumelor, fructelor, produselor chimice și altele care se vînd în stare nepreambalată. Pe una din pîrghiile de înclinare ale balanței se fixează o microscară realizată pe un suport translucid, care într-un cod binar special (DATEX) reproduce cele circa 5 000 de diviziuni ale scării gradate.

După stabilirea echipajului mobil în poziție de echilibru, poziția corespunzătoare masei cântărite este citită cu ajutorul unui palpator fotoelectric, compus dintr-un sistem de proiecție a scării codificate (sursă de lumină, condensor, obiectiv) și 14 fotorezistoare dispuse liniar, la distanță de 4 mm una de alta sub o mască cu fante.

Semnalele binare obținute la ieșirea fotorezistoarelor sînt aplicate dispozitivului de înmulțire în care se efectuează produsul dintre masa cântărită și prețul unitar al produsului și totodată unui dispozitiv

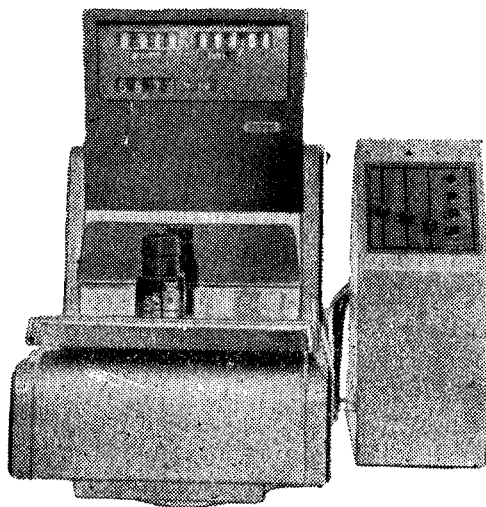


Fig. I.124. Balanță semiautomată digitală de uz comercial.

de convertire binar — zecimală de la care semnalul zecimal corespunzător masei cântărite se afișează cu ajutorul a patru tuburi NIXIE, atît pe fața aparatului care se găsește către operator (vînzător) cît și pe fața opusă care se găsește spre cumpărător.

Tot printr-un sistem de convertire binar — zecimală și cu ajutorul unui sistem de reprezentare identic (însă cu cinci tuburi NIXIE) se afișează și suma de plată. Prețul unitar se introduce prin intermediul unui bloc separat realizat din trei comutatoare mecanice cu 10 poziții.

Performanțele și principalele caracteristici ale aparatului sînt următoarele:

— Limita maximă de cântărire	5 kg
— Limita minimă de cântărire	100 g
— Erori tolerate:	
— de la 100 g ... 2,5 kg — de justețe	$\pm 2,5$ g
— de la 2,5 kg ... 5 kg — de fidelitate	2,5 g
— Treapta prețurilor unitare de la 0,10 lei/kg la 100 lei/kg	0,10 lei

Verificarea cunoștințelor

1. Ce se înțelege prin aparate de cântărit automate?
2. Să se descrie balanța pentru produse graulare, insistînd asupra rolului fiecărei părți componente.
3. De ce limita minimă de cântărire la balanțele automate cu cupă basculantă este de numai 50% din limita superioară, în timp ce la majoritatea aparatelor de cântărit limita minimă este de 10% din limita maximă?
4. Care este motivul pentru care balanțele automate care cîntăresc produse sau materiale diferite sînt înzestrate cu dispozitive de numărare a ciclurilor de cântărire și nu cu dispozitive de însumare a cantităților cântărite?
5. Care este motivul pentru care balanțele automate pentru materiale sau produse în bucăți mari nu sînt înzestrate cu dispozitive de alimentare fină?
6. Să se afle care este masa restului de material rămas în cupă, după ultima cântărire automată, la o balanță cu limita superioară de cântărire de 500 kg dacă dispozitivul de cântărire pentru resturi indică 320 kg?
7. Ce avantaje prezintă balanțele automate pentru ambalat?
8. Ce aparat de cântărit se va utiliza la cântărirea făinii într-o moară:
 - Basculă romană cu pîlnie?
 - Balanță automată cu fundul cupei rabatabil?
 - Basculă semiautomată cu pîlnie?
 - Balanță automată cu cupă basculantă?

9. Să se facă o descriere a basculelor automate pentru transportor și una pentru basculele automate dozatoare cu bandă insistându-se asupra caracteristicilor constructive și funcționale ale acestora, cit și a importanței ce o prezintă aceste aparate de cântărit pentru economia țării.
10. Într-o întreprindere de ulei, punându-se problema cântăririi cojilor de floarea-soarelui, ce rezultă după decorticarea semințelor, să se răspundă cu ce fel de aparat de cântărit ar fi mai convenabil să se efectueze această operație de cântărire:
 - Basculă romană cu pilnie?
 - Balanță automată cu cupă basculantă pentru materiale în bucăți mici?
 - Basculă automată cu bandă transportoare?

E. VERIFICAREA APARATELOR DE CÂNTĂRIT

Verificarea metrologică constituie un ansamblu de operații prin intermediul căruia se constată dacă o măsură sau un aparat de măsurat corespunde prescripțiilor impuse de specificațiile prevăzute în standarde, norme interne și instrucțiunile de verificare metrologică elaborate de Institutul național de metrologie.

Instrucțiunile de verificare constituie principalul îndreptar în efectuarea verificărilor aparatelor de cântărit, ele conținând în mod detaliat atât descrierea caracteristicilor aparatelor ce trebuie verificate cât și metodele folosite în acest scop.

În cazul aparatelor de cântărit, o serie de tehnici de verificare sînt comune unui anumit număr de categorii de aparate, ceea ce face posibilă prezentarea lor unitară.

La aparatele de cântărit se urmărește atât verificarea aspectului exterior, cât și a caracteristicilor metrologice.

1. Verificarea aspectului exterior și a construcției

Acestea constau din examinarea condițiilor referitoare la materiale, calitatea suprafețelor, rezistența pieselor componente, duritatea unor piese, dimensiuni, inscripții etc.

Din punct de vedere al construcției, aparatele de cântărit trebuie concepute rezistent, și anume pîrghiile și celelalte piese asupra cărora acționează sarcina trebuie dimensionate conform calculelor de rezistență stabilite prin norme. De asemenea, execuția trebuie să fie îngrijită întrucît numai în acest fel se pot asigura performanțele metrologice.

Printre condițiile tehnice impuse de instrucțiunile de verificare și norme se citează ca mai importante următoarele:

- a) *Articulațiile cuțit-perniță* se construiesc din oțeluri care pot să asigure următoarele durități:
 - pentru cuțite 58 ... 62 HRC respectiv 670 ... 762 HV;
 - pentru pernițe și plăcuțe limitatoare min. 62 HRC respectiv min. 762 HV cu mențiunea că duritatea pernițelor trebuie să fie mai mare decît cea a cuțitelor respective cu cel puțin 2 unități HRC sau 50 unități HV.

Unghiurile formate de muchiile active sînt în general de $75 \pm 15^\circ$ pentru cuțite și $130 \pm 10^\circ$ pentru pernițe.

Cuțitele care vin în contact cu plăcuțele limitatoare au partea frontală teșită sub un unghi de $80 \pm 3^\circ$.

Suprafețele de lucru ale acestor articulații se lustruiesc, gradul lor de rugozitate fiind funcție de clasa de precizie a aparatului respectiv.

Cuțitele se montează prin încastrare în corpul pîrghiei, pe cel puțin 1/3 din înălțimea lor.

- b) *Dispozitive de cântărire cu cursoare de echilibrare.* Brațul de pîrghie gradat, principal, trebuie să aibă creștăturile cu pante de egală înclinație în care se așază dintele cursorului de echilibrare. Dintele cursorului este confecționat din oțel călit cu duritatea 30 ... 40 HRC. Cursoarele și lamele gradate pot avea cavități de ajustare care se sigilează cu cep de plumb pentru marcarea (închiderea cavității este asemănătoare cu cea a greutateților clasa 4).

Deplasarea cursoarelor pe brațul de pîrghie trebuie să se facă cu frecare pentru a nu aluneca în timpul cântăririi.

În cazul cursoarelor compuse, limita superioară a scării gradate a primei lamele va fi egală cu 9/10 din valoarea unei diviziuni de pe brațul gradat principal. Limita superioară a celei de a doua lamele este egală cu 9/10 din valoarea unei diviziuni a primei lamele și așa mai departe.

- c) *Dispozitive de imprimare.* Aceste dispozitive trebuie să asigure imprimarea numai atunci cînd indicatorul este în poziție de echilibru. Imprimarea la aparatele digitale nu trebuie să fie posibilă peste limita maximă de cântărire, de asemenea și în cazul aparatelor cu echilibrare automată sau semiautomată cînd acestea sînt în oscilație.

d) *Dispozitivul de manevră a greutateților adiționale* trebuie să asigure așezarea greutateților corect, mereu în aceeași poziție pe pîrghie sau pe receptorul de sarcină la care se aplică.

- e) *Dispozitivul de tară* poate fi gradat sau negradat. Tara echilibrată este determinată ca valoare numai în cazul dispozitivelor de

tară gradate. Construcția dispozitivului de tară trebuie să asigure utilizarea numai între limitele lui de acționare, iar intrarea în funcțiune trebuie semnalată vizibil prin indicarea valorii tarei sau afișarea pe instrument a literei „T”.

În cazul dispozitivelor de extragere a tarei, acestea trebuie să fie prevăzute cu un echipament care să nu permită cîntăriri peste limita maximă de cîntărire, sau să semnaleze că aceasta a fost atinsă.

f) *Dispozitivul de reglare la zero.* Efectul maxim de tarare la zero al greutății de tarare trebuie să fie de maxim 4% din limita maximă de cîntărire. Acțiunea greutății de tarare trebuie să fie astfel încît la o rotire completă a acestei greutăți să se obțină o variație a poziției de echilibru de maximum 4 diviziuni de verificare.

În cazul aparatelor cu indicare digitală, reglarea la zero trebuie să poată fi controlată cu ajutorul unui indicator de zero prin care să se evidențieze poziția de echilibru fără sarcină a dispozitivului de echilibrare.

g) *Dispozitivul de amortizare* trebuie să asigure amortizarea după 3 ... 5 oscilații simple. Amortizoarele cu lichid sensibil la variații de temperatură trebuie să fie prevăzute cu un organ de reglare automată sau cu un organ de reglare manuală la care accesul operatorului să fie ușor.

h) *Dispozitivul de nivel* care echipează aparatele de cîntărit transportabile cu excepția celor suspendate, trebuie să prezinte o sensibilitate în funcție de clasa de precizie a aparatului. Acest dispozitiv se montează fix pe aparat și trebuie plasat într-un loc vizibil pentru operator.

i) *Dispozitivul de indicare a sarcinii cu scări trasate pe cadran.* În cazul scărilor trasate pe cadran se impun următoarele condiții:

— *Lungimea diviziunii* trebuie să fie egală cu $(L + 0,5)i_0$ unde: L este distanța minimă de citire în m (dacă aceasta este inferioară lui 0,5 m, se ia $L = 0,5$ m); i_0 este lungimea minimă a diviziunii în mm care în funcție de clasele de precizie trebuie să aibă următoarele valori:

- pentru aparate de precizie specială și superioară 1 mm;
- pentru aparate de precizie medie și inferioară:
 - 1,25 mm pentru repere trasate pe cadrane;
 - 2 mm pentru repere proiectate;
 - 5 mm pentru indicatoare numerice continue cu sau fără proiecție.
- *Valoarea diviziunii* pentru aceeași scară trebuie să fie constantă

și să facă parte din șirul 1×10^n , 2×10^n sau 5×10^n unități (n fiind un număr întreg, pozitiv, negativ sau egal cu zero).

— *Trasarea reperelor* trebuie să fie constituită din drepte de aceeași grosime cu valori cuprinse între $1/10$ pînă la $1/4$ din lungimea diviziunii dar nu mai mică de 0,2 mm pentru a asigura o citire corectă. Lungimea reperelor mai scurte trebuie să fie cel puțin egală cu lungimea diviziunii. La aceeași scară reperele pot fi diferențiate prin două sau trei lungimi.

— *Cifrele* care marchează reperele numerotate trebuie să aibă înălțimea (în mm) mai mare sau egală cu de trei ori distanța minimă de citire (în m) dar nu mai mici de 2 mm.

— *Indicele de citire* trebuie să aibă o grosime egală cu aceea a reperelor și o lungime astfel încît extremitatea sa să acopere cel puțin $1/2$ din lungimea reperelor celor mai scurte.

Distanța dintre indicele de citire și scara gradată trebuie să fie cel mult egală cu lungimea diviziunii dar nu mai mare de 2 mm.

În cazul arătătoarelor (exemplu, la balanța compusă bascula zecimală), acestea trebuie să fie de egală grosime, iar distanța dintre virfurile lor cînd aparatul este în poziție normală de echilibru trebuie să fie cuprinsă între 1 și 4 mm.

j) *Inscripții.* Toate aparatele de cîntărit trebuie să fie prevăzute cu inscripții care se aplică fie direct pe cadrane fie pe plăcuță de marcare.

Inscripțiile se referă la limita maximă, limita minimă, valoarea diviziunii, denumirea întreprinderii sau marca de întreprindere, simbolul clasei de precizie, simbol internațional (III), anul de fabricație, numărul de fabricație și alte inscripții cînd aparatele au o destinație specială. (exemplu, natura materialelor ce se cîntăresc.)

În cazul cînd aparatele sînt prevăzute cu plăcuțe de marcare după verificarea de stat, marca se aplică pe cepul de plumb al plăcuței de marcare. În cazul aparatelor fără plăcuță, marca de stat se aplică pe o plombă care sigilează dispozitivele de cîntărire.

2. Verificarea caracteristicilor metrologice

Verificarea caracteristicilor metrologice se efectuează prin încărcarea aparatului cu mase etalon, examinîndu-se erorile efective de mestețe și fidelitate, respectiv dacă pragul de sensibilitate se încadrează în limitele admise de erorile tolerate.

În cadrul aparatelor de cîntărit cu funcționare automată (balanțe automate înregistratoare, dozatoare, bascule cu bandă), caracteristicile

metrologice se verifică și cu materialul sau materialele cîntărite în mod curent de aceste aparate.

După cum s-a arătat, una din principalele caracteristici metrologice ale aparatelor de cîntărit este eroarea tolerată. Orice operație de verificare a caracteristicilor metrologice a unui aparat de cîntărit trebuie precedată de determinarea erorii tolerate specifice celui aparat, dacă această mărime nu este cunoscută din alte surse.

a. **Calcularea erorilor tolerate.** În cele ce urmează se exemplifică, pentru unele tipuri reprezentative de aparate de cîntărit, modul în care se calculează erorile tolerate.

a) *Aparatele de cîntărit fără scară gradată.* Din această categorie face parte de exemplu balanța compusă de 20 kg, cuprinsă în grupa aparatelor de precizie medie. Pe postamentul acestor balanțe este inscripționat simbolul (III).

Din tabelul I.6 rezultă, pentru limita maximă de cîntărire dată, un număr de diviziuni de verificare d_v , de 2 000, iar valoarea diviziunii de verificare d_v se poate determina prin relația $d_v = \frac{L_{max}}{2000}$; rezultă deci că:

$$d_v = \frac{20}{2000} = 0,01 \text{ kg.}$$

Erorile tolerate la verificarea inițială, stabilite în conformitate cu tabelul I.1, sînt următoarele:

- între limita minimă 50 d_v
(0,5 kg) și 500 d_v (5 kg) $\pm 0,5 d_v = \pm 5 \text{ g}$;
- între 500 d_v (5 kg) și
2 000 d_v (20 kg) $\pm 1 d_v = \pm 10 \text{ g}$
- la gol (după descărcare) $\pm 0,5 d_v = \pm 5 \text{ g}$

b) *Aparate de cîntărit cu scară gradată și echilibrare neautomată.* Din această categorie se dă ca exemplu bascula romană pentru vehicule rutiere de 20 t, de precizie medie. Acest aparat are valoarea diviziunii analogice d_a de 10 kg, iar numărul n de diviziuni reale (analogice) este dat de raportul:

$$n = \frac{L_{max}}{d_a} = \frac{20000}{10} = 2000 \text{ diviziuni.}$$

Din tabelul I.6 rezultă că la numărul de diviziuni reale $n = 2000$, diviziunea de verificare d_v este egală cu diviziunea reală d_a a aparatului, care în exemplul discutat este de 10 kg.

Erorile tolerate la verificarea inițială, stabilite în conformitate cu datele din tabelul I. 1, sînt următoarele:

- între limita minimă 50 d_a
(500 kg) și 500 d_a (5 000 kg) $\pm 0,5 d_v = \pm 5 \text{ kg}$
- între 500 d_a (5 000 kg)
și 2 000 d_a (20 000 kg) $\pm 1 d_v = \pm 10 \text{ kg}$
- la gol (după descărcare) $\pm 0,5 d_v = \pm 5 \text{ kg}$

c) *Aparatele de cîntărit cu scară gradată și echilibrare semiautomată.* Din această categorie se dau următoarele exemple:

— Balanța semiautomată de 10 kg, cu limita de cîntărire pe cadran de 1 kg. Aceasta este un aparat de precizie medie. Acest aparat are valoarea diviziunii $d_a = 5 \text{ g}$. Rezultă:

$$n_a = \frac{L_{max}}{d_a} = \frac{10000}{5} = 2000.$$

Din tabelul I.6 rezultă că diviziunea de verificare d_v este egală cu diviziunea reală d_a a aparatului. Erorile tolerate la verificarea inițială stabilite pe baza datelor din tabelul I.1 sînt următoarele:

- între limita minimă 20 d_v
(100 g) și 500 d_v (2,5 kg) $\pm 0,5 d_v = \pm 2,5 \text{ g}$;
- între 500 d_v (2,5 kg) și
2 000 d_v (10 kg) $\pm 1 d_v = \pm 5 \text{ g}$;
- la gol (după descărcare) $\pm 0,5 d_v = \pm 2,5 \text{ g}$

— Balanța analitică cu indicație prin proiecție, cu limita maximă de cîntărire de 200 g. Acest aparat de cîntărit este de precizie specială simbol (I). Valoarea reală a diviziunii acestui aparat d_a este de 0,1 mg. Deci, numărul de diviziuni se va determina cu relația:

$$n_a = \frac{L_{max}}{d_a} = \frac{200}{0,0001} = 2000000$$

Din tabelul I.4 rezultă că pentru acest aparat $d_v = d_a$.

Conform datelor din tabelul I.1, erorile tolerate pentru verificarea inițială vor fi:

- între limita minimă 50 d_v
(5 mg) și 50 000 d_v (500 mg) $\pm 0,5 d_v = \pm 0,05 \text{ mg}$
- între 50 000 d_v
(500 mg) și 200 000 d_v (20 g) $\pm 1 d_v = \pm 0,1 \text{ mg}$
- peste 200 000 d_v (20 g) $\pm 1,5 d_v = \pm 0,15 \text{ mg}$
- la gol (după descărcare) $\pm 0,5 d_v = \pm 0,05 \text{ mg}$

d) *Aparatele de cîntărit cu scară gradată și echilibrare automată.* Dintre aceste aparate se citează basculele semiautomate care sînt

aparate de precizie medie. Se dă ca exemplu bascula semiautomată de 200 kg, care are valoarea diviziunii reale $d_a = 200$ g. Numărul de diviziuni al acestui aparat se determină astfel:

$$n_a = \frac{L_{max}}{d_a} = \frac{200}{0,2} = 1\,000.$$

Conform tabelii I.6, $d_v = d_a$

Din tabelul I.6 rezultă următoarele erori tolerate pentru verificare inițială:

- între limita minimă 50 d_v (10 kg) și 500 d_v (100 kg) $\pm 0,5 d_v = \pm 100$ g
- între 500 d_v (100 kg) și 2 000 d_v (200 kg) $\pm 1 d_v = \pm 200$ g
- la gol (după descărcare) $\pm 0,5 d_v = \pm 100$ g

Pentru verificarea caracteristicilor metrologice: justețea, fidelitatea, valoarea diviziunii, sensibilitatea și pragul de sensibilitate se utilizează mase-etalon de categorie corespunzătoare claselor de precizie a aparatelor de cântărit, ce se verifică în conformitate cu schema de transmitere a unității de masă (v. fig. I.18).

b. **Verificarea justeții.** Verificarea erorilor de justețe se face încărcînd receptorul de sarcină cu mase etalon și înregistrînd indicațiile aparatului de cântărit. Pe baza acestor indicații, erorile de justețe se determină făcînd diferența dintre valoarea indicată și valoarea maselor etalon corespunzătoare.

a) *La aparatele de precizie specială și superioară* (balanțe microanalitice, balanțe analitice, balanțe etalon etc.), justețea se determină astfel:

- la limita maximă pentru balanțele etalon (tabelul I.11);
- la valoarea corespunzătoare ca masă cu 50 000 d_v (aparate de precizie specială), respectiv 5 000 d_v (aparate de precizie superioară) și la limita maximă, cazul balanțelor microanalitice și analitice.

Pe baza rezultatelor din tabelul I.11 erorile de justețe la balanțele etalon se determină conform relației (56):

$$J = \frac{m}{2} \pm \left(\frac{P_3 + P_4 + P_7 + P_8}{4} - \frac{P_1 + 2P_6 + P_{10}}{4} \right) V_{d_{max}} [\text{mg}], \quad (56)$$

în care: $V_{d_{max}}$ este valoarea diviziunii balanței determinate pentru limita maximă de cântărire.

Semnul + din fața parantezei se ia în cazul cînd masele etalon m s-au adăugat pe talerul drept al balanței, iar semnul — se ia atunci

Tabelul I.11

Formular pentru înregistrarea rezultatelor verificării balanțelor etalon secundare de ordinul II, III, IV și balanțelor etalon de lucru.

Nr. crt.	Sarcina pe talerul		Elongații e_1, e_2, e_3, e_4 div.	Poziții de echilibru P_i div.	Diferența dintre pozițiile de echilibru ΔP_i div.	Observații
	Stîng	Drept				
1	0	0		P_1		$s_1 = \dots$ mg
2	0	s_1		P_2		$s_2 = \dots$ mg
3	$G_3 + mat$	$G_e + mat$		P_3		$s_3 = \dots$ mg
4	$G'_e + m$	$G_e + mat$		P_4		$s_4 = \dots$ mg
5	$G'_e + m$	$G_e + mat +$ $+ s_2$		P_5		$m = \dots$ mg
6	0	0		P_6		
7	$G_e + mat$	G'_e		P_7		
8	$G'_e + m$	$G_e + mat$		P_8		
9	$G'_e + m + s_3$	$G_e + mat$		P_9		
10	0	0		P_{10}		
11	s_4	0		P_{11}		
12	0	0		P_{12}	$P_{13} - P_{12} = \Delta P_1$	
13	G_e	G'_e		P_{13}		
14	0	0		P_{14}	$P_{15} - P_{14} = \Delta P_2$	
15	G_e	G'_e		P_{15}		
16	0	0		P_{16}	$P_{17} - P_{16} = \Delta P_3$	
17	G_e	G'_e		P_{17}		
18	0	0		P_{18}	$P_{19} - P_{18} = \Delta P_4$	
19	G_e	G'_e		P_{19}		
20	0	0		P_{20}	$P_{21} - P_{20} = \Delta P_5$	
21	G_e	G'_e		P_{21}		

cînd masele etalon s-au adăugat pe talerul stîng. Această regulă se referă la balanțele la care se consideră reperul zero în stînga scării gradate, iar indicatorul este îndreptat în jos.

— În cazul balanțelor analitice și microanalitice metoda de verificare a justeții este ceva mai simplă. Astfel, operația de permutare (schimbarea maselor de pe un taler pe altul) se face numai odată pentru fiecare sarcină verificată și, în consecință, relațiile de calcul conțin un număr mai mic de termeni privind pozițiile de echilibru.

În acest caz rezultă datele din prima jumătate a tabelii I.11, pe baza cărora se calculează eroarea de justețe.

În acest tabel s-a notat cu:

G_e și G'_e — masele etalon egale în valoare cu limita maximă a balanței;

- s_1, s_2, s_3 și s_4 — masele etalon adăugate pentru determinarea sensibilității;
- m — masa etalon adăugată după permutarea greutăților G_e și G'_e (în cazul în care balanța nefiind justă a fost necesar să se adauge material de echilibrare); această greutate se poate așeza, după caz, pe un taler sau altul pentru a se obține echilibrarea balanței;
- mat — materialul necesar pentru echilibrare în cazul cînd balanța nu este justă și acul indicator iese din scară. Acest material se așază, după caz, pe un taler sau altul al balanței.

$$P_m = \frac{P_4 + P_5}{2} [\text{div}];$$

$$D = P_m - P_1 [\text{div}]; \quad (57)$$

$$J = D \cdot V_d [\text{mg}]$$

în care:

- P_m este poziția medie de echilibru la sarcina de verificat;
- D — eroarea de justețe în diviziuni;
- J — eroarea de justețe în miligrame;
- V_d — valoarea diviziunii la 50 000 d_v , respectiv 5 000 d_v .

— La aparatele de precizie specială și superioară, cu indicație prin proiecție, se efectuează și verificarea scării gradate. Această verificare se face pentru două puncte, și anume pentru limita superioară a scării gradate și pentru jumătate din limita superioară a acestei scări. Procedul de lucru este următorul: după determinarea poziției de echilibru a balanței neîncărcate se adaugă, pe rînd, mase egale cu valorile celor două puncte de verificat.

Calcularea erorii de indicație a scării E_i se face conform relației:)

$$E_i = \Delta P_i - s_{ei}, \quad (58)$$

$$i = 1, 2, \dots$$

în care:

- ΔP_i este diferența dintre poziția de echilibru a aparatului neîncărcat și poziția de echilibru a aparatului încărcat cu masele indicate mai sus;
- s_{ei} — valoarea efectivă a maselor etalon folosite la verificarea celor două puncte ale scării gradate.

Erorile tolerate pentru aceste verificări sînt:

- 2 d_v pentru scările cu valoarea diviziunii 0,5 mg și
1 d_v pentru scările cu valoarea diviziunii. 0,5 mg

b) La aparatele de cîntărit de precizie medie și inferioară (bascule, dozatoare, partea analogică din construcția basculelor digitale etc.), erorile de justețe se determină:

— la sarcini crescătoare cuprinse între limita minimă de cîntărire și limita maximă de cîntărire și la sarcini descrescătoare cuprinse între aceleași limite. Valorile efective ale erorilor de justețe se determină pentru un număr de patru pînă la zece puncte ale intervalului de cîntărire;

— pentru aparatele cu pîrghii gradate (bascule romane) la patru repere 1/4, 1/2, 3/4, precum și ultimul reper al intervalului de cîntărire pentru brațul secundar gradat. Se precizează că atunci cînd se verifică reperul 1/4, aparatul trebuie să fie încărcat cu limita minimă de cîntărire, deoarece, în caz contrar, verificarea se efectuează sub limita minimă, ceea ce este interzis. În continuare, brațul principal gradat se verifică pentru zece repere uniform repartizate:

— pentru aparatele cu cap de cîntărire (bascule semiautomate) la un număr de circa zece repere cifrate ale scării gradate, repartizate uniform pe intervalul de cîntărire.

La toate aceste aparate de cîntărit după descărcare se determină eroarea de justețe, aparatul fiind neîncărcat, adică valoarea corespunzătoare nerevenirii indicelui mobil în poziția inițială de echilibru.

— La aparatele de cîntărit de precizie medie și inferioară se determină și o eroare de justețe pentru cazul așezării excentrice a etaloanelor de masă în cîmpul receptorului de sarcină. Astfel, în funcție de timpul receptorului de sarcină și destinația aparatului, se prevăd următoarele:

— pentru aparatele de cîntărit transportabile cu platformă, bascule zecimale (fig. I.125, a), bascule romane obișnuite (fig. I.125, b),

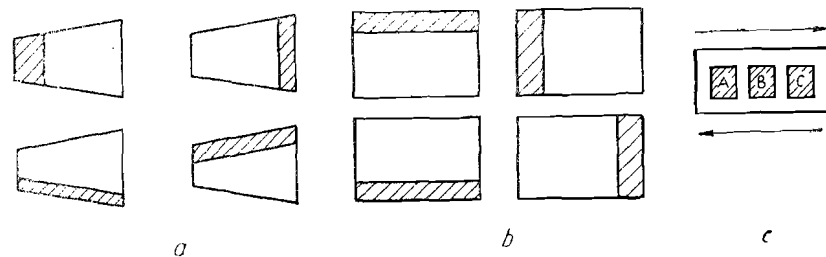


Fig. I.125. Pozițiile de încărcare cu mase etalon la verificarea așezării excentrice: a — pentru aparate de cîntărit cu trei puncte de încărcare; b — pentru aparate de cîntărit cu patru puncte de încărcare; c — pentru basculele vehicule rutiere.

se aplică mase etalon în valoare de $1/3$ din limita maximă de cântărire, succesiv în cele patru zone hașurate, care nu trebuie să depășească $1/4$ din suprafața totală a platformei;

— pentru aparatele de cântărit transportabile cu pîlnie (bascule zecimale, romane, semiautomate), masele etalon în valoare de 10% din limita maximă de cântărire se aplică în dreptul celor patru cuțite de sarcină. În acest scop se prevăd platforme speciale care se montează, cu ocazia verificărilor, pe colțurile cărora se încarcă etaloanele;

— în cazul aparatelor de cântărit stabile, destinate cântăririlor unor sarcini mobile (bascule pentru vehicule rutiere, bascule de cale ferată), această probă se efectuează aplicînd asupra fiecăruia din cele n cuțite de sarcină, o sarcină concentrată egală cu $\frac{L_{max}}{n-1}$ pe o suprafață de încărcare egală cu fracțiunea $\frac{1}{n+1}$ din suprafața receptorului de sarcină.

În situația în care două cuțite de sarcină sînt prea apropiate, se aplică o sarcină dublă de o parte și de alta a axei dintre două cuțite. De asemenea, suplimentar, la basculele pentru vehicule rutiere se face o probă cu o sarcină mobilă (camion, căruță, vagonet, electrocar) plasată succesiv în trei poziții distincte (A, B, C) pe platformă (fig. I.125, c). După scoaterea sarcinii mobile de pe platformă se parcurg în ordine inversă aceleași poziții.

La basculele de cale ferată această probă se face cu vagoane etalon de 30 și 60 t, care sînt deplasate pe platformă în pozițiile indicate în figurile I.126 și I.127, astfel:

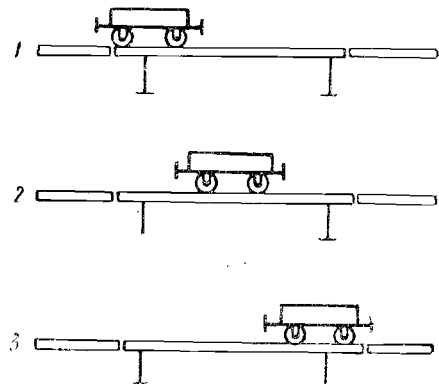


Fig. I.126. Pozițiile de încărcare cu vagoane etalon la verificarea unei bascule de cale ferată cu o platformă.

— la basculele cu limita maximă de 30 și 40 t se folosește vagonul etalon de 30 t care se deplasează în cele trei poziții (fig. I.126);

— la basculele cu limita maximă de 75 și 100 t cu o singură platformă verificarea se execută conform figurii I.126, folosindu-se pe rînd vagoanele etalon de 30 și 60 t;

— la basculele cu limită maximă de 100 t, cu două platforme de 7 și 10 m, verificarea se execută cu vagonul etalon de 30 t care se deplasează în pozițiile 1—8 (fig. I.127). După înde-

părtarea vagonului de 30 t se aduce vagonul etalon de 60 t pe platforma de 10 m care se deplasează în pozițiile 1—5 (fig. I.127). În continuare, pe platforma de 7 m se aduce și vagonul etalon de 30 t, totalizînd astfel 100 t, respectiv limita maximă de cântărire a basculei.

Se precizează că la celelalte bascule limita maximă se realizează prin adăugarea de mase etalon de lucru lîngă vagonul etalon. De asemenea, manevrarea vagoanelor atît pentru basculele cu o platformă cît și cu două platforme se face în două sensuri, respectiv dus și întors, respectîndu-se pozițiile indicate în figura I.118.

c. **Verificarea fidelității.** Eroarea de fidelitate în funcție de clasa de precizie a aparatelor se determină din 10, respectiv 5 cîntăriri.

a) La aparatele de cântărit de precizie specială și superioară eroarea de fidelitate (relația 59) se determină astfel:

— la balanțele etalon secundare de ordinul I și II și balanțele de lucru clasa 1 și 2 (microanalitice), eroarea de fidelitate se determină din 10 cîntăriri la limita maximă, care alternează cu 10 cîntăriri pentru aparatul neîncărcat, calculîndu-se, conform tabelii I.11, valorile P_i precum și diferențele ΔP_i . Pe baza acestor date se determină eroarea medie pătratică S :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta P_i)^2}{n-1}} \text{ [div]}, \quad (59)$$

$n = 1, 2, 3,$

în care:

ΔP este media aritmetică a valorilor ΔP_i .

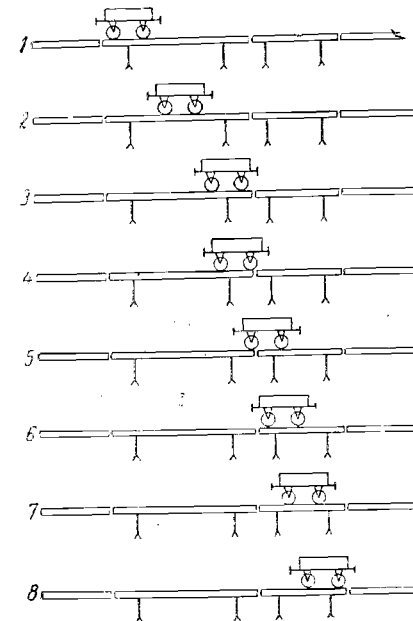


Fig. I.127. Pozițiile de încărcare cu vagoane etalon la verificarea unei bascule pod de cale ferată cu două platforme.

Eroarea tolerată de fidelitate S_{tol} este mai mică sau cel mult egală cu 1/3 din valoarea absolută a erorii tolerate de justețe E_T :

$$S_{tol} \leq \frac{1}{3} |E_T|.$$

La balanțele etalon secundare de ordinul III și IV și la balanțele de lucru clasa 3 și 4, eroarea de fidelitate se determină, în general, la limita maximă de cîntărire alternînd determinările la această sarcină cu determinările aparatului neîncărcat (v. tabelul I.11, pozițiile 12—21). Din aceste rezultate se calculează fidelitatea pe baza criteriului amplitudinii pentru aparatul neîncărcat F_0 (relația 60) și pentru aparatul încărcat cu limita maximă E_{max} (v. tabelul I.11 și relația 61), în final obținîndu-se:

$$F_0 = (P_{0max} - P_{0min})V_{d_0} \text{ [mg]}, \quad (60)$$

$$F_{max} = (\Delta P_{max} - \Delta P_{min})V_{d_{max}} \text{ [mg]}. \quad (61)$$

La aparatele de precizie medie și inferioară eroarea de fidelitate se determină pentru două sarcini și anume pentru o sarcină a cărei valoare este inferioară valorii 500 d_v pentru aparatele de precizie medie, respectiv 50 d_v pentru aparatele de precizie inferioară, și o sarcină cu o valoare mai mare de 500 d_v , respectiv 50 d_v , care să reprezinte însă cel puțin 2/3 din limita maximă de cîntărire.

Această operație se repetă de cinci ori, încărcînd succesiv aparatul cu fiecare sarcină pe rînd. Amplitudinea R a șirului de cinci determinări E (respectiv diferența dintre indicația cea mai mare X_{max} și indicația cea mai mică X_{min}) trebuie să fie cel mult egală cu valoarea absolută a erorii tolerate de justețe E_T pentru sarcina verificată:

$$R = X_{max} - X_{min} \leq E_T. \quad (62)$$

d. **Valoarea diviziunii.** Această caracteristică se verifică numai la aparatele de precizie specială și superioară fără scară gradată (balanțe etalon, balanțe analitice etc.). Determinarea se efectuează în punctele în care se determină și eroarea de justețe a aparatului. În acest scop se așază pe taler o suprasarcină s de valoare convenabilă care să poată produce o deplasare de 3—4 diviziuni a poziției de echilibru (P_n) față de poziția inițială ($P_n - 1$) fără această suprasarcină.

Pe baza datelor din tabelul I.11 valoarea diviziunii se calculează astfel: V_{d_0} pentru aparatul neîncărcat și $V_{d_{max}}$ pentru aparatul încărcat cu limita maximă

$$V_{d_0} = \frac{s_1 + s_4}{(P_1 - P_2) + (P_{11} - P_{10})} \text{ [mg]}, \quad (63)$$

$$V_{d_{max}} = \frac{s_2 + s_3}{(P_4 - P_5) + (P_9 - P_8)} \text{ [mg]}. \quad (64)$$

În cazul cînd determinările nu se repetă pentru aceeași sarcină, ca în cazul balanțelor analitice, microanalitice etc., formulele de mai sus se simplifică căpătînd expresia:

$$V_d = \frac{s_2}{P_4 - P_5}. \quad (65)$$

e. **Determinarea sensibilității.** La aparatele fără scară gradată, sensibilitatea se verifică pentru punctele pentru care se determină și erorile de justețe. Pentru această verificare se așază pe taler o suprasarcină egală cu eroarea tolerată de justețe a aparatului care trebuie să producă cel puțin următoarele deplasări ale indicelui mobil:

- 1 mm pentru aparatele de precizie specială și superioară;
- 2 mm pentru aparatele de precizie medie și inferioară cu limita maximă de cîntărire mai mică de 30 kg;
- 5 mm pentru aparatele de precizie medie și inferioară cu limita maximă de cîntărire mai mare de 30 kg.

La aparatele cu scară gradată sensibilitatea este caracterizată de lungimea diviziunii l , egală cu:

$$l = (D + 0,5)l_{min},$$

în care:

D este distanța minimă de la care se poate face o citire optimă a indicației aparatului de cîntărit;

l_{min} — lungimea minimă a diviziunii.

Pentru lungimile minime se prescriu următoarele valori:

- 1 mm pe scara gradată și 0,5 mm pe vernier sau alt dispozitiv ajutător de citire pentru aparatele de precizie specială și superioară;
- 1,25 mm pe scara gradată la aparatele cu indicație directă și 2 mm pe scară gradată la aparatele cu indicație prin proiecție pentru aparatele de precizie medie și inferioară.

De exemplu: se verifică sensibilitatea la o basculă semiautomată de 1 000 kg la care citirea optimă a indicațiilor se face de la distanța de 0,5 m. În acest caz, lungimea minimă a diviziunii trebuie să fie $i = (0,5 + 0,5) 1,25 = 1,25$ mm. Deci, distanța dintre două repere trebuie să fie de minimum 1,25 mm pentru ca aparatul să fie corespunzător din punct de vedere al sensibilității.

f. **Verificarea pragului de sensibilitate.** Această caracteristică se determină numai în cazul aparatelor de precizie medie și inferioară, cu scară gradată. În cazul aparatelor a căror echilibrare este neautomată (balanțe și bascule romane) pragul de sensibilitate se determină

prin așezarea fără șoc, pe receptorul de sarcină, a unei mase echivalente cu 0,4 din valoarea erorii tolerate de justete, care trebuie să producă deplasarea vizibilă a indicelui mobil.

În cazul aparatelor cu echilibrare automată sau semiautomată sînt de semnalat două cazuri:

- aparate analogice (balanțe și bascule semiautomate), la care pragul de sensibilitate se determină prin așezarea fără șoc a unei mase echivalente cu eroarea tolerată de justete care trebuie să provoace o deplasare a indicelui mobil, corespunzătoare cu cel puțin 0,7 din valoarea acestei suprasarcini;

- aparate digitale, la care pragul de sensibilitate se determină prin așezarea, fără șoc, a unei mase cu valoare de maximum $1,4 d_d$, care trebuie să mărească indicația cu $1 d_d$. La această verificare se fac două determinări consecutive pentru ca valoarea pragului de sensibilitate să rezulte din media acestor două determinări.

g. Factori de influență. Dintre factorii de influență cei mai importanți se menționează influența denivelării asupra aparatelor de cîntărit transportabile, precum și temperatura.

Stabilitatea indicațiilor aparatului de cîntărit față de efectul denivelării iese în evidență prin determinarea erorilor pentru denivelarea aparatului fără sarcini, precum și încărcat cu limita maximă de cîntărire. Erorile tolerate de indicație la această verificare sînt următoarele:

- pentru aparatul neîncărcat (aparatele de precizie medie și inferioară) indicațiile pot varia cu $2d_v$ pentru denivelare longitudinală sau transversală, corespunzătoare la 2‰ ;

- pentru aparatul încărcat cu limita maximă (aparatele de precizie superioară, medie și inferioară) indicațiile pot varia cu $1 d_v$ pentru o denivelare longitudinală sau transversală de 1‰ (aparatele de precizie superioară) și 2‰ (aparatele de precizie medie și inferioară).

Pentru aceste încercări se introduc sub punctele de sprijin ale aparatului de cîntărit (picioarele fixe sau reglabile) plăcuțe metalice, a căror grosime se alege în funcție de distanța dintre punctele de sprijin încît să se producă denivelarea urmărită.

Valoarea temperaturii, precum și variațiile acesteia în timpul unei determinări pot influența rezultatele cîntăririlor. Pentru ca aparatele de cîntărit să lucreze în condiții optime trebuie respectate anumite prescripții de temperatură care, în general, sînt indicate de constructori. Astfel s-au stabilit următoarele intervale de temperatură în care aparatele de cîntărit pot funcționa corespunzător:

- pentru aparatele de precizie specială și superioară temperatura de $20^\circ \pm 2^\circ\text{C}$, respectiv $20^\circ \pm 5^\circ\text{C}$, cu condiția ca variația temperaturii în timpul măsurării să fie de maximum $0,5^\circ/\text{h}$, respectiv $1^\circ/\text{h}$;
- pentru aparatele de precizie medie și inferioară temperatura de -10° la $+40^\circ\text{C}$.

3. Verificarea funcționării aparatelor de cîntărit automate

Verificarea funcționării acestor aparate cuprinde:

- verificarea funcționării aparatelor de cîntărit propriu-zis, așa cum s-a arătat mai sus;

- verificarea funcționării aparatului în regim automat.

Verificarea funcționării în regim automat se execută cu materialul specific destinației aparatului, iar metoda de verificare este adecvată și principiului constructiv al aparatului.

Din categoria aparatelor de cîntărit automate, cele mai răspindite sînt aparatele cu bandă, dozatoarele și balanțele automate înregistratoare.

a. Basculele automate cu bandă se verifică prin cîntărirea materialului ce se transportă pe bandă (cărbuni, minereuri, var etc.). În acest scop, materialul este captat și cîntărit pe un aparat a cărui precizie de cîntărire este de minimum $1/3$ din eroarea tolerată a basculei cu bandă. În ceea ce privește cantitatea de material folosită la verificarea basculei cu bandă, aceasta trebuie să fie cel puțin egală cu sarcina minimă totalizată de aparat. Sarcina minimă totalizată reprezintă 2% din sarcina totalizată într-o oră la debitul maxim al aparatului cu bandă. Metoda de verificare poate fi aplicată și în situația cîntăririi materialului pe aparatul de control, înainte de a fi circulat și cîntărit pe banda basculei. În ambele cazuri trebuie avută o deosebită grijă ca materialul să nu se piardă în timpul transportului. Erorile tolerate la verificarea cu material sînt de $0,5\%$ sau 1% din sarcina totalizată, în funcție de precizia aparatului.

b. Dozatoarele. Verificarea se efectuează cu produsul care se dozează în mod curent. În cazul în care aparatul dozează mai multe produse, se aleg pentru verificare produsele cu cea mai mică și cea mai mare granulație.

Materialul de dozare cu care se face verificarea trebuie să corespundă din punct de vedere calitativ standardului referitor la produsul respectiv (granulație minimă și maximă, umiditate, aderență etc). Este necesar ca pe tot parcursul verificării, materialul folosit să nu prezinte neuniformități de structură sau să-și modifice structura datorită

manipulărilor multiple, astfel încît să se încadreze în standardele respectivului material de dozat.

Verificarea cu material se efectuează la o cadență cît mai apropiată de cadența maximă.

Verificarea se execută pentru două doze, și anume: pentru doza minimă și o doză cuprinsă între 1/2 din limita maximă de cîntărire și limita minimă de cîntărire.

Pentru fiecare doză verificată se înregistrează 20 probe consecutive. Dacă două sau mai multe probe depășesc valorile prescrise în tabelul 12, dozatorul se respinge. Rezultă deci că la un număr de 20 de doze, o singură doză poate depăși amplitudinea pentru sarcina respectivă.

În funcție de necesitățile preciziilor de dozare în comerț și industrie, dozatoarele se construiesc pentru trei clase A, B și C, stabilite și în funcție de valoarea dozelor (tabelul I.12).

Tabelul I.12

Clasele de erori tolerate la dozatoare			
Masa programată a dozelor (D)	Amplitudinea tolerată		
	Clasa A	Clasa B	Clasa C
$D < 20 \text{ g}$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
$20 \text{ g} \leq D \leq 50 \text{ g}$	$\pm 1 \text{ g}$	$\pm 2 \text{ g}$	$\pm 4 \text{ g}$
$50 \text{ g} \leq D \leq 500 \text{ g}$	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$	$\pm 8\%$
$500 \text{ g} \leq D \leq 1 \text{ kg}$	$\pm 10 \text{ g}$	$\pm 20 \text{ g}$	$\pm 40 \text{ g}$
$1 \text{ kg} \leq D \leq 10 \text{ kg}$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$
$10 \text{ kg} \leq D \leq 20 \text{ kg}$	$\pm 100 \text{ g}$	$\pm 200 \text{ g}$	$\pm 400 \text{ g}$
$20 \text{ kg} \leq D \leq 100 \text{ kg}$	$\pm 0,5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$
$100 \text{ kg} \leq D \leq 200 \text{ kg}$	$\pm 500 \text{ g}$	$\pm 1 \text{ kg}$	$\pm 2 \text{ kg}$
$D > 200 \text{ kg}$	$\pm 0,25\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 1\%$

Amplitudinea se determină ca diferența algebrică dintre valoarea maximă respectiv minimă a erorilor dintr-un șir de determinări.

c. **Balanțele automate înregistratoare.** Verificarea balanțelor automate înregistratoare în regim automat se efectuează ținînd seama de particularitățile constructive ale aparatului, precum și de natura materialului care se cîntărește.

Balanțele automate înregistratoare pentru bucăți mici (grîu, seară, porumb, floarea-soarelui etc.) se verifică cu unul din materialele pentru care sînt construite, de obicei grîu. Această verificare constă în găsirea poziției optime a cursorului de reglaj, de la pîrghia de com-

pensare, pentru ca în cupă să se afle cantitatea constantă corespunzătoare limitei maxime de cîntărire a aparatului. Pentru aceasta se fac, în prealabil, două șiruri de cîntăriri de reglaj, și anume: la zece cîntăriri cursorul se așază pe extremitatea stîngă a barei gradate și la alte zece cîntăriri cursorul se așază pe extremitatea dreaptă a barei gradate. În aceste două situații, indicațiile balanței trebuie să fie într-un caz mai mici, iar în celălalt caz mai mari decît masa ce urmează a fi cîntărită.

Se calculează media celor două șiruri de cîntăriri M_0 , cu cursorul la stînga barei gradate și M_m , cu cursorul la dreapta barei gradate și se află diferența D , în grame, a materialului cîntărit prin calcularea sumei valorilor absolute a celor două medii:

$$D = |M_0| + |M_m|.$$

Cunoscînd numărul de diviziuni N de la bara gradată a pîrghiei de compensare, se calculează poziția optimă a cursorului P , respectiv reperul pe care trebuie așezat pentru ca în cupă să curgă cantitatea de material stabilită:

$$P = \frac{M_0 \cdot N}{D} [\text{div}]. \quad (66)$$

După plasarea cursorului pe reperul rezultat din calcul se efectuează alte zece cîntăriri automate. Prima condiție este ca media aritmetică a erorilor acestor zece cîntăriri să se încadreze în erorile tolerate prescrise pentru clasa de precizie respectivă (tabelul I.13).

Tabelul I.13

Erori tolerate la verificarea balanțelor automate înregistratoare		
Clasa de precizie	Balanța de precizie medie	Balanțe de precizie inferioară
Proare tolerată E_T	$\pm 0,05\%$ și $\pm 0,1\%$ din sarcina cîntărită.	$\pm 0,5\% \dots \pm 2\%$ din sarcina cîntărită.

A doua condiție ca aparatul să fie admis la verificare este aceea ca fiecare rezultat individual să se încadreze în erorile tolerate stabilite în funcție de limitele maxime de cîntărire (tabelul I.14).

a) *Balanțele automate înregistratoare cu cupă basculantă pentru bucăți mari* (sfecle, cartofi, cărbuni etc.) se verifică prin două metode:

Tabelul I.14

Erori tolerate pentru rezultatele individuale la verificarea cu material

Limita maximă de cîntărire L_{max}	Eroarea unei cîntăriri individuale
$L_{max} \leq 20$ kg	$3 E_T$
20 kg $< L_{max} \leq 500$ kg	$2,5 E_T$
$L_{max} \geq 500$ kg	$2 E_T$

care trebuie să fie mai mare cu circa 10% decît limita maximă a balanței ce se verifică.

Se înregistrează citirea X a mecanismului de integrare a balanței, apoi se alimentează treptat balanța pînă cînd cupa se răstoarnă. Se face citirea a doua Y a integratoarelor, iar diferența Z dintre cele două citiri reprezintă cantitatea de material indicată de aparat, care este dată de relația: $Z = Y - X$.

Se cîntărește la basculă restul de material B care nu a intrat în cupă împreună cu toți sacii goi. Diferența $A - B = C$ reprezintă cantitatea respectivă de material cîntărită de balanță.

Se compară cele două rezultate obținute Z și C , iar diferența dintre ele constituie eroarea balanței automate înregistratoare.

Operația se repetă efectuînd în aceleași condiții zece cîntăriri, calculîndu-se media aritmetică care nu trebuie să depășească erorile tolerate din tabelul I.13, de asemenea eroarea fiecărui rezultat individual trebuie să se încadreze în erorile tolerate din tabelul I.14.

— Recîntărirea materialului pe o basculă obișnuită după ce a fost cîntărit de o balanță automată înregistratoare. Materialul cîntărit de balanță automată se colectează într-un recipient care se cîntărește pe bascula de control.

Se compară rezultatul obținut la cîntărirea pe balanța automată și rezultatul obținut la cîntărirea pe basculă, diferența dintre ele constituind eroarea balanței automate înregistratoare.

Operația se repetă de zece ori, aparatul considerîndu-se admis la această verificare dacă se încadrează în erorile tolerate din tabellele I.13 și I.14.

b) *Balanțele automate înregistratoare cu baza cupei rabatabilă, precum și cele cu clapetă rotativă*, ambele destinate cîntării produselor pulverulente (făină, țărițe etc), se verifică în mod asemănător cu balanțele automate pentru produse în bucăți mici, avînd aceleași erori tolerate din tabellele I.13 și I.14.

* * *

— Cîntărirea materialului pe o basculă obișnuită înainte de a fi cîntărit de balanța automată înregistratoare. În acest scop, materialul se cîntărește pe o basculă zecimală, romană sau semiautomată ale cărei erori nu trebuie să depășească 0,5 din erorile tolerate ale unui aparat nou, iar o cantitate A de material în saci,

Prin metodele prezentate s-au ilustrat tehnicile de verificare metrologică, pentru toate tipurile reprezentative de aparate analogice de cîntărit.

Verificarea oricărui alt tip de aparat analogic de cîntărit necuprins în exemplele prezentate se face pe bază de asimilare cu una din categoriile descrise.

4. Verificarea funcționării aparatelor de cîntărit digitale

Din descrierea principalelor tipuri de aparate digitale de cîntărit rezultă că cele mai răspîndite soluții constructive sînt realizate pe baza asocierii unui aparat obișnuit de cîntărit cu pîrghii (aparat analogic de cîntărit) cu un convertor analog-digital (analog-discret) și un dispozitiv de afișare sau imprimare numerică (fig. I.128).

Acțiunea convertorului și a dispozitivului de afișare efectuează operația de rotunjire a rezultatului, în limita de $\pm 0,5 d_a$.

După cum se observă în desenul din figura I.129, eroarea de rotunjire E_r variază între limitele $-0,5 d_a$ și $+0,5 d_a$, în forma unor *dinți de ferăstrău*.

Întrucît sistemul de afișare nu poate indica decît valori întregi de diviziuni digitale, rezultă că, de exemplu, pentru un măsurand egal cu $0,4 d_a$, se obține o indicație 0, deci o eroare de rotunjire $E_r = -0,4 d_a$. Pentru un alt măsurand egal cu $0,8 d_a$ se obține o indicație egală cu 1 d_a , adică o eroare de rotunjire $E_r = 0,2 d_a$ etc. Pe de o parte se observă că, în limitele fiecărei diviziuni, erorile de rotunjire cresc liniar, în funcție de valoarea măsurandului, pînă la jumătatea diviziunii, unde are loc o schimbare de semn a erorii, după care tot liniar ele descresc pînă la zero, iar pe de altă parte, acest proces de variație se repetă identic în intervalul fiecărei diviziuni, generînd

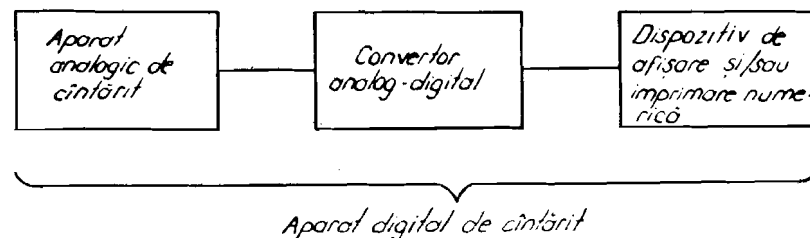


Fig. I.128. Schema — bloc a unui aparat de cîntărit digital.

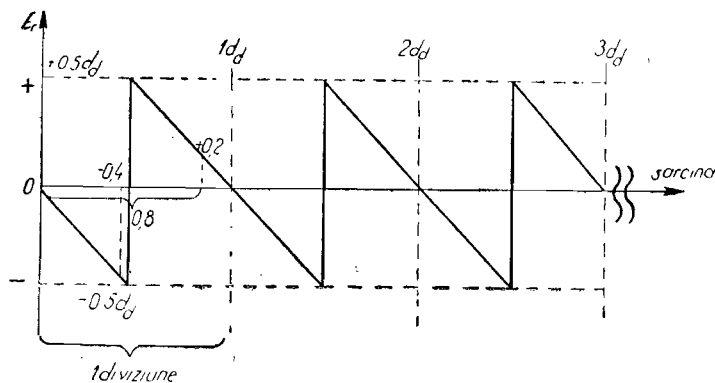


Fig. I.129. Variația erorii de rotunjire la un aparat de cântărit digital.

funcția în formă de dinți de ferăstrău, redată în figura I.129 pentru trei diviziuni.

Acest fapt face ca erorile aparatelor digitale de cântărit să se determine ca suma a doi termeni:

$$E_D = \pm E_a \pm E_r, \quad (67)$$

în care:

- E_D este eroarea rezultantă a aparatului digital;
- E_a — eroarea aparatului analogic de cântărit care intră în componența aparatului digital;
- E_r — eroarea de rotunjire a dispozitivului de convertire analog-digital și a sistemului de afișare.

Pe baza relației (67), erorile tolerate se exprimă ca sumă a doi termeni:

$$E_{TD} = \pm E_{Ta} \pm E_{Tr} = \pm E_{Ta} \pm 0,5 d_d, \quad (68)$$

în care:

- E_{TD} este eroarea tolerată a aparatului digital;
- E_{Ta} — eroarea tolerată specifică aparatului analogic de cântărit care intră în componența aparatului digital;
- E_{Tr} — eroarea tolerată de rotunjire care prin definiție este de $\pm 0,5 d_d$;
- d_d — valoarea diviziunii echivalente a aparatului digital de cântărit.

În figura I.130 se exemplifică modul în care se asociază cele două erori tolerate E_{Ta} și $E_{Tr} = \pm 0,5 d_d$ în cazul verificării inițiale a unor aparate digitale de cântărit de clasă medie de precizie. Dinții de ferăstrău sînt reprezentați, convențional, în figură cite unul pentru fiecare 60 de diviziuni.

Ținînd cont de aceste elemente, se poate afirma că eroarea tolerată a unui aparat digital de cântărit trebuie să fie egală cu eroarea tolerată specifică unui aparat analogic de cântărit avînd aceeași valoare a diviziunii și același număr de diviziuni, admitînd totodată că, după rotunjire, indicațiile discontinue pot fi afectate de o eroare suplimentară de rotunjire egală cu plus sau minus o jumătate de diviziune.

Practic, verificarea aparatului digital de cântărit se rezumă la determinarea lui E_a — care din motivele mai sus arătate poartă și denumirea de eroare *premergătoare rotunjirii*.

Verificarea aparatului digital de cântărit poate fi efectuată prin două metode distincte, echivalente ca valoare a concluziilor, dar diferite din punctul de vedere al volumului de lucru pe care îl necesită. Aceste metode constau în:

- determinarea valorii efective a erorii premergătoare rotunjirii;
- determinarea valorii erorii rezultante a aparatului de cântărit pe baza indicațiilor digitale, ceea ce permite să se constate dacă E_a este mai mic sau mai mare decît E_{Ta} fără a fi necesară determinarea valorii lui E_a .

Prima metodă de verificare poate fi ilustrată prin următorul exemplu: se verifică o basculă digitală de 1 000 kg cu sistemul de afișare

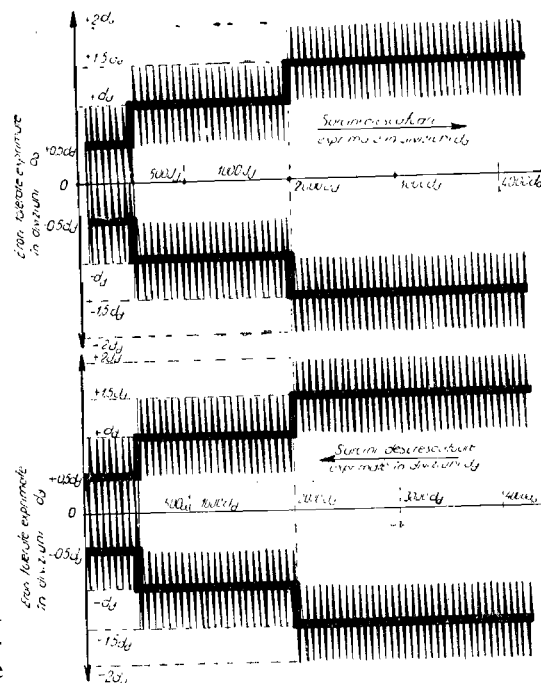


Fig. I.130. Erorile tolerate la verificarea inițială a aparatelor de cântărit digitale de precizie medie.

de patru cifre, deci aparatul se consideră a avea 1 000 de diviziuni echivalente, fiecare avînd valoarea $d_d = 1$ kg.

Pentru verificarea aparatului la valoarea de 788 kg, se procedează ca în cazul aparatelor analogice, adică se aplică mase etalon reprezentînd 788 kg pe receptorul de sarcină. Presupunînd că aparatul a afișat valoarea de 788 kg, se aplică o suprasarcină care trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să fie mai mică decît valoarea unei diviziuni d_d ;
- să fie suficientă însă pentru a obține o indicație mai mare cu o unitate decît cea anterioară ($788 + 1 = 789$);
- să fie multiplu de 4, pentru a putea efectua comod 2—3 înjumătățiri succesive ale suprasarcinii.

Efectuarea unui număr de 7—8 cîntăriri poate furniza șirul de valori prezentate în tabelul I.15.

Tabelul I.15

Rezultatele verificării unei bascule digitale prin metoda determinării erorii premergătoare rotunjirii

Nr. cîntăririi	Masa etalon aplicată	Indicația digitală	Mărimea suprasarcinii aplicate
1	788	788	0
2	788,8	789	0,8
3	788,4	789	0,4
4	788,2	788	0,2
5	788,2	789	0,2
6	788,2	789	0,2
7	788,2	789	0,2

Se observă că cea mai mică suprasarcină la care aparatul indică atît 788 cît și 789 kg este de 0,2 kg. Adică, în acest caz, el rotunjește rezultatele cu + sau —, o jumătate de d_d . Considerînd valoarea virtual indicată în acest caz egală cu $(789 + 788)/2 = 788,5$ kg, rezultă:

$$E_a = 788,5 - 788,2 = + 0,3 \text{ kg.}$$

Dacă E_{Ta} este egal cu 0,5 kg, această basculă trebuie admisă în urma verificării, deoarece $E_a < E_T$.

În cazul celei de-a doua metode de verificare trebuie, de asemenea, efectuate mai multe determinări, însă în multe cazuri sînt suficiente două. Prin verificarea cu aceeași basculă la diviziunea 963 kg ar putea rezulta numai una din următoarele opt combinații de rezultate, în urma aplicării pe receptorul de sarcină a unei mase etalon de 963 kg.

Tabelul I.16

Rezultatele verificării unei bascule digitale prin metoda determinării erorii rezultante

Valori indicate de bascula verificată, în kg								
Cazul	1	2	3	4	5	6	7	8
În urma primei determinări	963	962	964	963	962	962	963	962
În urma celei de a doua determinări	963	962	963	963	964	963	962	964
Expresia generală a rezultatelor	nd_d	$(n-1)d_d$	$(n+1)d_d$	$(n+1)d_d$	nd_d $(n+1)d_d$	$(n-1)d_d$ nd_d	nd_d $(n-1)d_d$	$(n-1)d_d$ $(n+1)d_d$
Decizia ce trebuia adoptată	A	R	A	R	A	A	A	R

În ultimul rînd al tabelului I.16 sînt indicate deciziile: A de admitere și R de respingere a basculei verificate.

n — numărul de diviziuni echivalente corespunzător sarcinii verificate;

A — acceptarea basculei;

R — respingerea basculei.

ce trebuie adoptate în funcție de rezultatele obținute în cele două determinări, în ipoteza că eroarea tolerată premergătoare rotunjirii $E_{Ta} = \pm 0,5 d_d$ și $E_T = \pm 0,5 d_d$.

După cum se observă, sînt admise basculele în cazul în care cel puțin un rezultat din cele două coincide cu valoarea efectivă a masei etalon aplicată pe receptorul de sarcină și celălalt nu depășește această

valoare cu mai mult de $\pm 1 d_a$ (cazurile 1, 3, 5, 6, 7) din tabelul I.16. Sînt respinse basculele în cazul cărora două rezultate diferă cu cel puțin $\pm 1 d_a$ față de valoarea efectivă a masei etalon aplicate (cazurile 2, 4, 8 din tabelul I.16).

În cazurile cînd unul din cele două rezultate coincide cu masa efectivă și celălalt diferă cu $\pm 1 d_a$, se consideră că, la a doua determinare, variația erorilor întîmplătoare face să apară $E_a = \pm 0,5 d_a$, adică o valoare ce nu depășește pe $E_{Ta} = \pm 0,5 d_a$, respectiv că $E_D = \pm 0,5 d_a \pm 0,5 d_a$. Dacă în ambele cazuri există o abatere de $\pm 1 d_a$, înseamnă că sînt temeiuiri serioase să se admită că cel puțin în unul din aceste cazuri $E_a > 0,5 d_a$ și deci balcula trebuie respinsă ($E_a > E_T$).

CAPITOLUL VI APARATE DE CÎNTĂRIT CU TRADUCTOARE

A. CLASIFICAREA APARATELOR

În general, traductorul este un element care, supus acțiunii unui sistem tehnic stabilește o corespondență univocă între valorile mărimii de intrare specifică acestui sistem și valorile specifice altui sistem numită mărime de ieșire.

STAS 2810—69 definește *traductorul de măsurat* ca fiind un „dispozitiv care convertește, cu o eroare limită prestabilită, semnalul aplicat la intrare într-un semnal de ieșire”.

Din punctul de vedere al acestor definiții și pîrghiile aparatelor de cîntărit trebuie considerate ca fiind traductoare: pîrghiile de la aparatele de cîntărit transformă greutatea corpului de cîntărit, inclusiv greutatea receptorului de sarcină (mărimea de intrare) într-o deplasare preluată, în cazul cel mai simplu, de un ac indicator.

Pentru obținerea informației de măsurare sub o formă convenabilă este necesar uneori să se asocieze mai multe traductoare.

În acest capitol vom prezenta aparate de cîntărit care au în componența lor alte traductoare decît pîrghiile. Pentru simplitate, le vom

grupa după denumirea uzuală folosită în literatură. Deosebim astfel aparate de cîntărit:

- cu elemente elastice (fir sau bandă de torsiune, arcuri, doze tensometrice, magneto-elastice, magnetostrictive, inductive, cu microcontacte);
- hidraulice;
- pneumatice;
- cu surse radioactive etc.

Dintre acestea, o pondere mai mare în economie o au cele cu element elastic și îndeosebi cele cu doze.

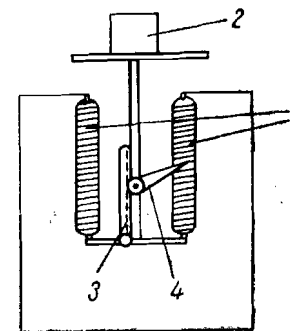


Fig. I.131. Aparat de cîntărit cu arc.

1. Aparare de cîntărit cu elemente elastice

Funcționarea acestor aparate se bazează pe deformarea elastică a unui element mecanic sub acțiunea greutății corpului de cîntărit.

În funcție de soluția constructivă aleasă, informația de măsurare se obține fie direct de la un ac indicator solidar cu elementul mecanic care se deformează, fie sub formă de semnal electric.

a. **Aparate de cîntărit cu arc.** În figura I.131 este înfățișat un aparat de cîntărit cu două arcuri elicoidale (1) care sînt solicitate la compresiune. Sarcina de cîntărit (2) este așezată deasupra. Prin intermediul cremalierii (3), acul indicator (4) se rotește și indică pe un cadran (care nu este figurat) masa corpului. Aparatul este de precizie inferioară. Asemenea aparate, cunoscute sub denumirea de *cîntare dinamometrice*, se întîlnesc în turnătorii și servesc la cîntărirea pămîntului de formare și a încărcăturii pentru cubilouri.

Pentru cîntărirea unor probe mici de fire sau țesături în industria textilă, pentru cîntărirea probelor mici de hîrtie, în industria hîrtiei, pentru cîntărirea filamentului în industria becurilor, pentru cîntărirea de substanțe în industria chimică și farmaceutică, se utilizează balanțe denumite „de torsiune”. Se menționează că denumirea de balanțe de torsiune ce se dă aparatelor a căror funcționare se bazează pe deformarea arcurilor spirale nu este proprie.

În figura I.132 se arată aspectul exterior al unei balanțe de torsiune cu arc spiral, cu un singur braț pentru așezarea măsurilor de masă și scară gradată simplă iar în figura I.133 se vede principiul de construcție al acestei balanțe.

Acest aparat are următoarele părți componente: — postamentul, constituit din trei picioare, dintre care două sînt prevăzute cu șuruburi

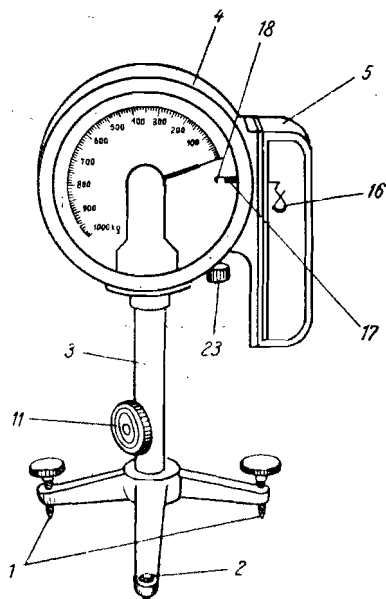


Fig. I.132. Balanță de torsiune.

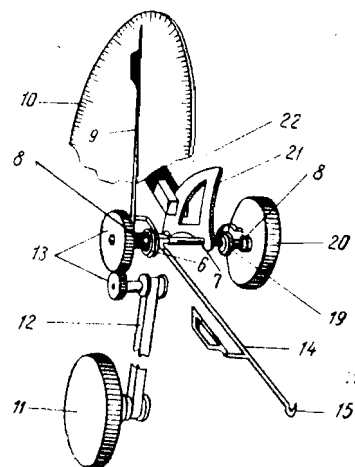


Fig. I.133. Principiul de construcție al balanței de torsiune cu arc spiral.

de calaj (7), iar unul din ele cu nivelă (2); — coloana (3), fixată pe postament; — carcasa (4) care acoperă mecanismul balanței, cu cutia de protecție (5) a talerului; — dispozitivul de cântărire constituit din: arcul spiral (6), axul balanței (7) de care este fixată o extremitate a arcului spiral și care se rotește în lagărele de agat (8), montate pe suportul din interiorul carcasei; — indicatorul (9) de care este fixată cealaltă extremitate a arcului spiral și care se poate roti în fața cadranelui (10) cu ajutorul butonului de reglare (11) prin intermediul benzii de transmisie (12) și al roților dințate (13); — pîrghia (14), fixată la axul balanței are la extremitate un cîrlig (15) de care se poate suspenda talerul (16) sau un alt receptor de sarcină; — indicatorul de control al poziției de echilibru (17) care oscilează față de reperul de control fix (18) trasat pe cadran; — arcul spiral (19) care servește la reglarea poziției reperului de control, cu ajutorul butonului de reglare (20); — amortizorul, constituit din discul metalic (21) montat la axul balanței, care se deplasează odată cu acesta între polii magnetului (22); — dispozitivul de blocare a pîrghiei, care se poate manevra cu ajutorul butonului (23).

b) **Aparate de cântărit cu fir sau bundă de torsiune.** Aceste balanțe de torsiune sînt mai puțin răspîndite decît cele cu arc spiral deoarece au o construcție mult mai delicată, fiind astfel susceptibile de a se deregla ușor. Limitele lor maxime de cântărire sînt de obicei de ordinul miligramelor.

În figura I.134 este reprezentată o balanță de torsiune cu fir de cuarț. Pîrghia (7) a balanței este constituită dintr-un capilar de sticlă fiind fixată cu șerlac la firul de cuarț (2). La o extremitate a pîrghiei se găsește talerul (3), iar la cealaltă extremitate este fixat indicatorul (4), care se poate deplasa în fața plăcuței cu scară gradată (5) care se privește prin sistemul optic 6. Întreg mecanismul balanței se găsește montat într-o cutie cu geamuri. Balanța este de precizie specială.

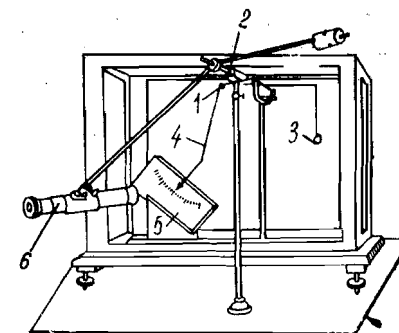


Fig. I.134. Balanța de torsiune cu fir de cuarț.

c. **Aparate de cântărit cu doze.** Complexitatea crescîndă a proceselor industriale, automatizarea acestora au impus introducerea pe scară largă a unor aparate de cântărit cu performanțe adecvate cerințelor tehnicii moderne. Aparatele de cântărit cu doze răspund acestor cerințe:

- informația de măsurare este ușor prelucrabilă de aparatura electrică și electronică și se poate transmite ușor la distanță;
- timpul de răspuns este foarte scurt;
- pot funcționa în condiții grele de mediu (praf, umiditate, noroi, etc.);
- ocupă spațiu redus;
- se pot monta în locuri inaccesibile altor tipuri de aparate de cântărit;
- se pot integra în bucle de reglare automată;
- se pot conecta la echipamente de calcul;
- se întrețin relativ ușor;
- la majoritatea aparatelor intervalul de măsurare se poate schimba comod.

Datorită avantajelor enumerate, cântărirea cu aparate de cântărit cu doze s-a extins în toate sectoarele unde este necesară măsurarea masei cu o precizie medie și inferioară.

În principiu, un aparat de cântărit cu doze este compus din elemente

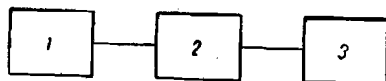


Fig. 1.135. Schema bloc simplificată a unui aparat de cântărit cu doze.

reprezintă blocul traductor, (2) blocul de măsurare și prelucrare a semnalului furnizat de blocul traductor, iar (3) reprezintă blocul de afișare a rezultatului măsurării. Aparatele de cântărit cu doze au o precizie medie și inferioară.

— *Doze de măsurat.* Dozele sînt corpuri de oțel elastic care se deformează sub acțiunea sarcinii cântărite. Deformarea este preluată de alte elemente și transformată în semnal electric. Se va explica la fiecare tip de doză în ce constau aceste elemente. Denumirea uzuală a dozelor este de *celule dinamometrice de măsurat* sau *doze de măsurat*.

În funcție de modul de solicitare a elementului elastic, dozele se pot clasifica după cum urmează:

- doze de compresiune;
- doze de tracțiune;
- doze de încovoiere;

Dozele solicitate la compresiune sînt cele mai mult folosite. Dozele solicitate la tracțiune și încovoiere sînt folosite la cântărirea corpurilor suspendate.

Dozele se construiesc în mai multe variante dintre care cele mai uzuale sînt:

- dozele tensometrice;
- dozele magnetoelastice;
- dozele magnetostrictive;
- dozele inductive;
- dozele cu microcontacte.

Se menționează că dozele se utilizează pe scară largă și la măsurarea forțelor.

— *Doze tensometrice.* La aceste doze, ca de altfel și la alte variante constructive, o atenție deosebită se acordă construcției mecanice a corpului elastic. Forma corpului elastic condiționează în mare măsură obținerea unei precizii de măsurare ridicată.

În tabelul I.17, sînt arătate diferite forme constructive ale corpului elastic la dozele tensometrice solicitate la compresiune.

În tabelul I.18 sînt arătate diferitele forme constructive ale corpului elastic la dozele tensometrice solicitate la întindere sau încovoiere.

traductoare, elemente de măsurare și prelucrare a semnalului obținut de la traductoare și elemente de afișare a rezultatului măsurării.

Schema bloc simplificată a unui aparat de cântărit cu doze este prezentată în figura I.135 în care (1)

Tabelul I.17

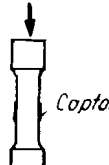
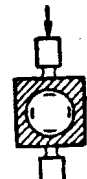
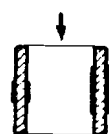

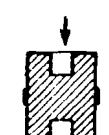

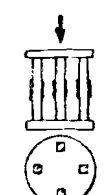
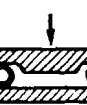

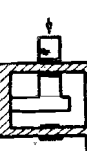
Varianta constructivă	Forma constructivă	Varianta constructivă	Forma constructivă
Cilindru plin		Paralelipiped ștanțat	
Cilindru gol		Inel elastic cu deformare radială.	
Coloana H		Cilindru încărcat pe generatoare.	
4 coloane cu		Inel toroidal.	
Lamă hiperboloid.		Bară flambată.	

Tabela I.17 (continuare)

Varianta constructivă	Forma constructivă	Varianta constructivă	Forma constructivă
Dublu inel supus la torsiune.		Inel elastic cu fire libere (înfășurate pe bastonașe de sticlă).	
Cilindru decupat.		Cadru supus la flambaj (Forță axială).	

Tabela I.18

Varianta constructivă	Forma constructivă	Varianta constructivă	Forma constructivă
Inel		Bară încastrată.	
Paralelipiped ștanțat circular.		Triunghi de egală rezistență.	
Plăci triunghiulare în montaj compensat.		Cadru din plăci triunghiulare.	

Corpul elastic se execută din materiale cu limită de elasticitate relativ mare :

- oțel avînd în compoziție Fe—Cr—Mo—Ni ($E = 19,6 \div 21,36 \cdot 10^2 \text{ N/m}^2$ $\sigma_e = 785 \div 980 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2$);
- dural avînd în compoziție Al—Cu—Mg ($E = 63,70 \div 70,56 \cdot 10^2 \text{ N/m}^2$ $\sigma_e = 245 \div 342,8 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2$);
- cupru beriliu ($E = 9,8 \div 11,76 \cdot 10^2 \text{ N/m}^2$; $\sigma_e = 88,2 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2$).

Pentru siguranță în funcționare, domeniul de solicitare al corpului elastic se alege $1/4$ sau $1/3$ din limita de elasticitate a materialului.

Pe corpul elastic se aplică marca sau captorul. Marca sau captorul constă dintr-o rezistență a cărei valoare variază proporțional cu deformarea corpului elastic. Marca se poate confecționa sub formă de fire, sub formă de bobine sau sub formă de folii.

Mărcile sub formă de fire pot fi lipite de corpul elastic prin intermediul unor cleiuri sau rășini speciale sau pot fi înfășurate pe bastonașe de sticlă încastrate în extremitățile corpului elastic.

Mărcile sub formă de bobine se lipesc de corpul elastic.

Mărcile sub formă de folii se execută similar cu circuitele imprimate și de asemenea se lipesc de corpul elastic.

Materialele frecvent folosite pentru rezistență sînt ISO-elastic, cromelul și mai ales constantanul. Diametrul firelor de măsurare este aproximativ 0,2 mm, iar valoarea rezistenței electrice în cazul mărcilor sub formă de bobine poate ajunge la 1,5 k Ω .

Se acordă o mare atenție locului de amplasare al mărcii pe corpul elastic. Aceasta trebuie plasată în zone în care efortul unitar în secțiune este constant, la o solicitare constantă.

În cazul folosirii mărcilor sub formă de fire la dozele solicitate la întindere, alungirea longitudinală a corpului elastic se transmite direct rezistenței. Conform legii lui Hooke.

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} = \frac{G}{AE}, \quad (66)$$

în care :

- ϵ este alungirea relativă a corpului elastic;
- l — lungimea corpului elastic;
- Δl — alungirea corpului elastic;
- σ — efortul unitar în corp;
- E — modulul de elasticitate;
- A — aria secțiunii considerate.
- G — greutatea care solicită corpul elastic.

Rezistența electrică a mării este dată de relația:

$$R = \rho \frac{l_c}{S} = \rho \frac{l_c^2}{V}, \quad (67)$$

în care:

R este rezistența conductorului;

ρ — rezistivitatea electrică;

S — secțiunea conductorului;

V — volumul conductorului;

l_c — lungimea conductorului.

Pentru a obține relația dintre alungirea corpului elastic și rezistența electrică a mării, diferențiem relația (67):

$$\Delta R = \Delta \rho \frac{l_c^2}{V} + 2 l_c \cdot \Delta l_c \frac{\rho}{V} - \rho \frac{l_c^2}{V^2} \Delta V.$$

Dar:

$$\begin{aligned} \frac{l_c^2}{V} &= \frac{R}{\rho}; \\ 2 \frac{l_c \rho}{V} &= 2 \frac{R}{l_c}; \\ \frac{\rho l_c^2}{V^2} &= \frac{R}{V}. \end{aligned}$$

Atunci se obține relația:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + 2 \frac{\Delta l_c}{l_c} - \frac{\Delta V}{V}. \quad (67')$$

Dacă μ este coeficientul lui Poisson (raportul dintre contracția transversală și alungire) și k_v o constantă de material, fiind cunoscute relațiile:

$$\frac{\Delta V}{V} = (1 - 2\mu) \frac{\Delta l_c}{l_c}, \quad (67'')$$

și

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = k_v \frac{\Delta V}{V}, \quad (67''') \text{ — relație experimentală}$$

se poate scrie:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta R}{R} &= k_v \cdot \frac{\Delta l_c}{l_c} (1 - 2\mu) + 2 \frac{\Delta l_c}{l_c} - \frac{\Delta l_c}{l_c} (1 - 2\mu), \\ \frac{\Delta R}{R} &= \frac{\Delta l_c}{l_c} [k_v(1 - 2\mu) + 1 + 2\mu]. \end{aligned} \quad (67^{iv})$$

În final se obține:

$$\frac{\Delta R}{R} = k_m \epsilon. \quad (68)$$

În această relație k_m reprezintă coeficientul de sensibilitate al materialului.

Deformația corpului elastic sub acțiunea greutateii este transformată deci, în variația unei rezistențe electrice care va fi măsurată cu o schemă adecvată.

În ultima vreme se utilizează pentru confecționarea mărcilor tensometrice semiconductori. Mărcile cu semiconductori au o sensibilitate mult mai mare decât mărcile metalice și sînt influențate mai puțin de factori externi. Aceste mărci se realizează în multe variante constructive. Datorită progreselor realizate în tehnica elementelor integrate, aceeași pastilă de siliciu poate să conțină nu numai elementul sensibil, dar și circuite de amplificare, obținîndu-se în felul acesta semnale electrice cu valori mari.

Menționăm că mărcile tensometrice sînt folosite nu numai pentru măsurarea maselor ci și pentru măsurarea altor mărimi mecanice (forțe, presiuni, etc.).

În figura I.136 se prezintă o secțiune printr-o doză tensometrică. Corpul elastic are forma unui cilindru gol (2) pe a cărui față interioară se montează mărcile (1) orientate în direcția în care au loc deformațiile. Pe fața exterioară sînt aplicate de asemenea 4 mărci însă orientate perpendicular pe direcția deformațiilor. Greutatea se transmite la corpul elastic prin emisfera (6) și o piesă intermediară (7) denumită capacul dozei. Carcasa (4) asigură etanșeitatea, robustețea și capacitatea dozei de a lucra în medii cu praf, corosive și cu

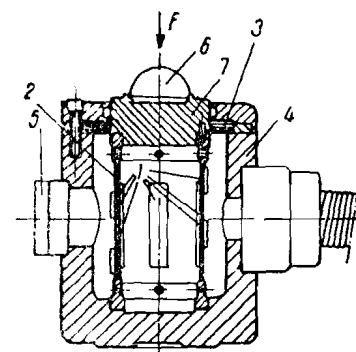


Fig. I.136. Doză de măsurare tensometrică.

un grad accentuat de umiditate. Membrana (3) elimină influența forțelor transversale.

În figura I.137 este prezentată doza tensometrică realizată după o concepție originală a Institutului de Cercetări și Proiectări pentru Automatizări-București. Corpul elastic (1) are formă de inel, iar marca este construită sub forma unor fire (2) întinse liber, prinse de bastonașe de sticlă (3), încastrate în corpul elastic. Doza este solicitată la compresiune. Se pot măsura mase până la 5 000 kg.

— *Doze magnetoelastice.* Dacă un corp feromagnetic se deformează elastic, deci în corp apar tensiuni mecanice elastice, curba sa de magnetizare se modifică. La compresiune, permeabilitatea materialului scade, iar la întindere crește. Doza magnetoelastică conține o induc-tanță înglobată în materialul feromagnetic din care este alcătuit corpul elastic.

În fig. I.138 este reprezentată o secțiune printr-o doză magneto-elastică. Corpul dozei (2) este un cilindru masiv din permaloy C (78,5% Ni). În acest cilindru se practică, prin frezare, șanțuri în care se așază înfășurări de cupru (3). Greutatea este aplicată prin intermediul unei emisfere (6) și a capacului (1). Greutatea care solicită doza creează o tensiune mecanică

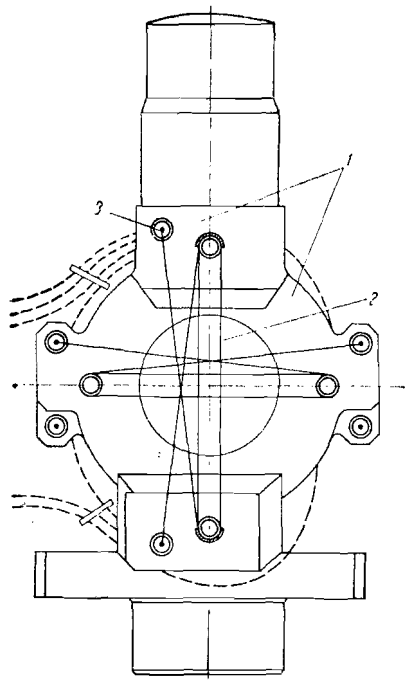


Fig. I.137. Doză tensometrică fabricată în RSR.

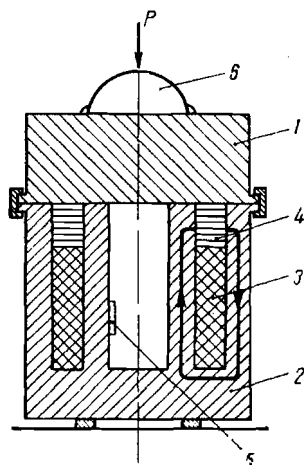


Fig. I.138. Secțiune printr-o doză magnetoelastică.

avind drept rezultat modificarea permeabilității μ a materialului. Pe măsură ce greutatea crește permeabilitatea scade. Variațiile cu temperatura ale înfășurărilor de cupru sînt compensate de rezistența (5) cu coeficient de temperatură negativ. Dacă înfășurările de cupru sînt alimentate cu tensiune constantă, curentul care circulă prin în-fășurări este proporțional cu $1/\mu$. Înfășurările de cupru se montează în brațele unei punți de inductanță 4.

Dozele magnetoelastice sînt solicitate numai la compresiune. Dacă sînt supraîncărcate apare fenomenul de saturație magnetică.

Cu aceste doze se pot măsura mase cuprinse între 0,1 t și 20 t.

— *Doze magnetostrictive.* Dozele magnetostrictive folosesc efectul de magnetizare a unui corp sub influența unei deformări mecanice. Permeabilitatea magnetică a corpului depinde de starea locală de deformare. Efectul magnetostrictiv este puternic în corpurile fero-magnetice sau ferimagnetice.

O asemenea doză este alcătuită (fig. I.139, a) din tole silicioase, prevăzute cu 4 orificii, în care au fost introduse două bobinaje încru-cișate, formînd primarul și respectiv secundarul unui transformator. În-fășurarea primară este alimentată cu tensiune alternativă. În ab-sența solicitării, liniile de flux se închid ca în figura I.139, b neafectînd bobinajul secundar.

La aplicarea forței, modificarea permeabilității în sensul de apli-care al acesteia are drept urmare modificarea traseului liniilor de

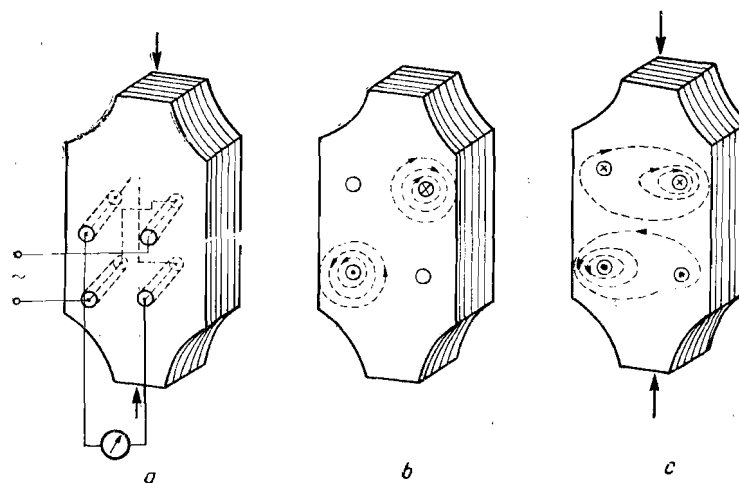


Fig. I.139. Tole de doză magnetostrictive.

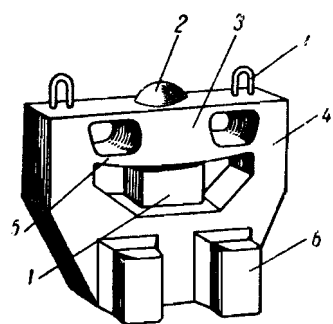


Fig. I.140. Doză magnetostrictivă.

tejate împotriva umidității, prafului și a altor agenți destructivi prin acoperire cu un înveliș de rășini epoxidice.

Cu doze de acest tip se pot măsura mase pînă la 2000 t.

— *Doze inductive.* La dozele inductive, deformarea corpului elastic deplasează miezul feromagnetic al unei bobine, determinînd în felul acesta modificarea inductivității L a bobinei.

În figura I.141 este reprezentată o secțiune printr-o doză inductivă. Corpul elastic (1) are forma unui cilindru. Greutatea solicită corpul (3) și prin intermediul sferei (4) este preluată de membrana (2) care se deformează elastic, antrenînd în felul acesta și miezul feromagnetic (5). Bobina (6) este prinsă de armătura fixă (7). De la bobină ies în exterior conductoarele (8).

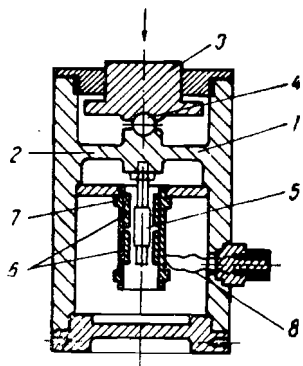


Fig. I.141. Secțiune printr-o doză inductivă.

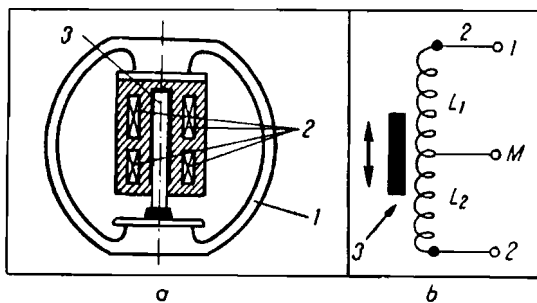


Fig. I.142. Doză inductivă.

În figura I.142, *a* este arătat un alt tip constructiv de doză inductivă. Corpul elastic (1) are forma unui inel de care se prind, în partea superioară, înfășurările (2), iar în partea inferioară miezul feromagnetic (3). În urma deformării inelului, care poate fi solicitat atât la întindere cît și la compresiune, se modifică inductivitatea bobinelor. Schema electrică echivalentă a celor 2 bobine este dată în figura I.142, *b*.

Cu dozele inductive se pot măsura curenți mase pînă la 20 t.

— *Doze cu microcontacte.* Dozele cu microcontacte se pretează la acționări sau automatizări de procese de cîntărire. O asemenea doză poate sesiza depășirea valorii prescrise a masei măsurate. În figura I.143 este reprezentată o doză cu microcontacte. Corpul elastic (1) are formă inelară, iar solicitarea este preluată prin intermediul emisferei (2). Brațele (3) susțin microcontactele (4). Distanța între microcontactele (4) și microcontactele (5) fixate pe corpul elastic se poate regla cu ajutorul șuruburilor (6) în funcție de valoarea prestabilă a masei măsurate.

Accesoriile dozelor. În scopul realizării unei măsurări cît mai exacte, dozele sînt prevăzute cu o serie de elemente auxiliare: — placa de prindere; — elementul de preluare a solicitării; — suportul; — siguranța de suprasarcină. Placa de prindere (1) din figura I.144, care servește la fixarea corpului cîntărit (2), se interpune între acesta și doză (3) și are rol în asigurarea distribuției uniforme a sarcinii.

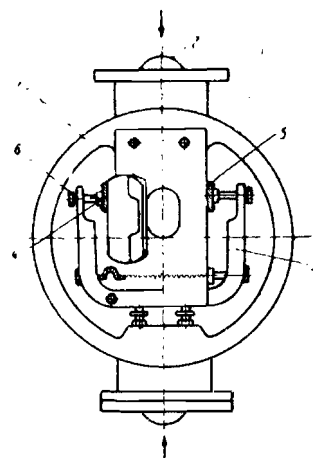


Fig. I.143. Doză cu microcontacte.

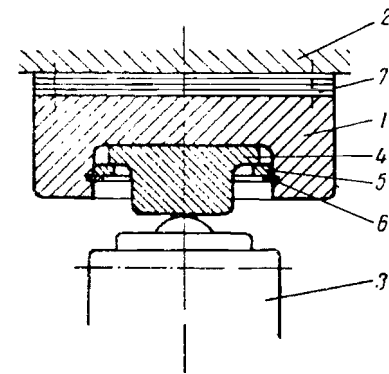


Fig. I.144. Placă de prindere.

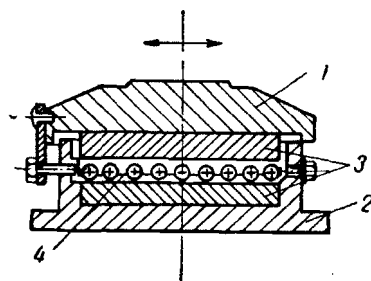


Fig. I.145. Suport de doză cu bile.

Placa de prindere mai este prevăzută cu pernița (4), cu inelele de oțel (5) și cu siguranța (6). Deasupra plăcii se așază plăcuțele metalice (7) de egalizare a efortului. Corpul de cîntărit poate fi așezat și liber pe doză prin intermediul unei foi de metal-azbest. Metal-azbestul sau ferodoul — cum este denumit comercial — este un material constituit dintr-o țesătură sau dintr-un amestec de fibre de azbest și fire metalice neferoase și are un coeficient de frecare foarte mare.

Elementul de preluare a solicitării are rolul de a prelua solicitarea punctiform și de a o distribui uniform pe corpul elastic. Preluarea punctiformă este asigurată de o sferă, o emisferă, un con etc. La dozele descrise anterior, elementul de preluare a solicitării face parte din ansamblul dozei, dar el se poate prezenta și ca accesoriu separat.

Pentru așezarea dozei pe fundație servește suportul dozei. În forma cea mai simplă, suportul dozei se prezintă ca o placă prevăzută cu găuri de prindere a dozei și cu găuri de prindere de fundație. Doza se așază pe suport într-un locaș circular.

Atunci cînd există pericolul apariției unor forțe laterale care ar influența negativ precizia măsurii, se folosesc suporturi cu bile cu role (fig. I.145). Suportul cu bile din figura I.145 este format din 2 părți (1) și (2) care susțin cîte o placă din oțel dur (3). Bilele (4) sînt așezate în locașurile unei plăci de ghidaj. La apariția unor forțe laterale, partea de sus a suportului alunecă pe bilele (4), evitîndu-se astfel efectul nedorit al acestor forțe.

Pentru protecția la suprasarcină, mai ales în regim dinamic, se utilizează siguranța de suprasarcină (fig. I.146). În acest caz, se renunță la placa de prindere, în locul acesteia montîndu-se siguranța de suprasarcină. În interiorul carcasei (1) se află arcurile calibrate (2). Arcurile se tensionează cu ajutorul șuruburilor (3) la o valoare apropiată de sarcina maximă a dozei. Arcurile se sprijină pe placa (4) și pe poansonul (5). Sarcina se transmite dozei prin intermediul arcurilor. La apariția unei suprasarcini, arcurile sînt comprimate suplimentar, iar corpul cîntărit se va sprijini pe reazemul rigid (7). În felul acesta este asigurată protecția dozei. Siguranța se sprijină pe doza (8) prin intermediul perniței (6).

Elemente de măsurare și prelucrare a semnalului electric furnizat de traductoare. Pentru măsurarea semnalului furnizat de traductoare

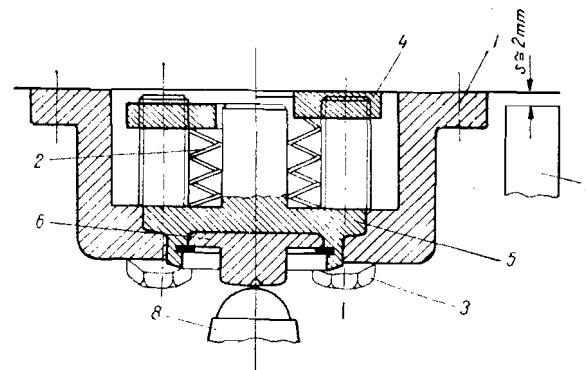


Fig. I.146. Siguranță de suprasarcină.

se utilizează scheme electrice adecvate. Atunci cînd se obține un semnal electric mic, schema realizează și o amplificare a acestuia.

Semnalul electric furnizat de pildă de dozele tensometrice fiind suficient de mare este măsurat cu ajutorul unei punți electrice fără a mai necesita amplificare. Puntea este alimentată cu tensiunea continuă u_A iar la ieșire se obține tensiunea u_e , care se măsoară cu un aparat corespunzător. În lipsa solicitării dozei tensiunea u_e este nulă. Se poate demonstra că pentru o solicitare oarecare, tensiunea de ieșire a punții este proporțională cu deformația corpului elastic. Aparatul indicator este gradat direct în unități de masă. Valoarea maximă a tensiunii de alimentare este limitată de rezistența mărcilor (uzual între 10—15 V).

Cînd se utilizează pentru măsurare o singură doză tensometrică cu mărci rezistive, puntea de măsurare este constituită chiar din mărcile dozei. În figura I.147 este dată schema electrică a unei doze tensometrice cu 8 mărci. Se demonstrează matematic că la dozele cu corp elastic cilindric, solicitate la compresiune, cele mai mici erori de măsurare se obțin dacă se utilizează 8 mărci ($R_1 \dots R_8$), dintre care patru (R_2, R_3, R_6, R_7) numite mărci active preiau efortul de compresiune, iar celelalte patru (R_1, R_4, R_5, R_8) preiau eforturile laterale din corpul elastic. R_0 și R_0' reprezintă rezistențe de ajustare

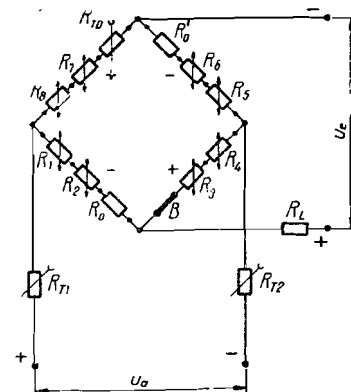


Fig. I.147. Schema electrică a unei doze de măsurat.

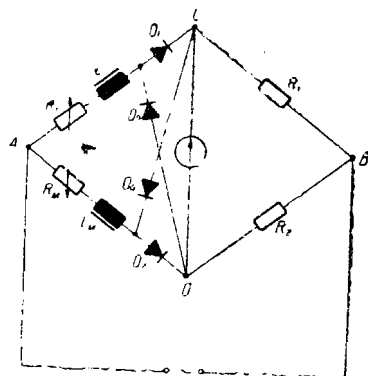


Fig. I.148. Schemă de măsurare a semnalului obținut de la o doză magnetoelastică.

grosieră și respectiv fină pentru echilibrarea brațelor punții. Pentru compensarea variațiilor rezistenței mărcilor cu temperatura se introduce într-un braț al punții rezistența R_{T_0} , iar pentru compensarea variației rezistenței mărcilor datorită dilatării sau contractării corpului elastic se utilizează rezistențele R_{T_1} și R_{T_2} .

În cazul determinării masei unor corpuri mari ca buncăre, recipienti etc., care necesită mai multe puncte de sprijin este necesară utilizarea unui număr corespunzător de doze. Utilizarea mai multor doze contribuie și la mărirea semnalului electric care se măsoară.

Din punct de vedere electric, în funcție de sensibilitatea aparatului indicator, tensiunile de ieșire se pot lega în paralel, în serie sau mixt.

Atunci cînd se utilizează doze magnetoelastice, măsurarea semnalului electric se face cu o punte de inductanțe. În figura I.148 este redată schema de principiu a măsurării semnalului electric, atunci cînd se utilizează pentru cîntărire o singură doză magnetoelastică. Inductanța L_T a dozei se montează într-un braț al punții, iar în alt braț inductanța de comparație L_M . În celelalte două brațe se montează rezistențele R_1 și R_2 . De asemenea, în serie cu inductanțele L_T și L_M se montează rezistențele reglabile R_T și R_M , pentru echilibrarea punții. Fiind o punte cu inductanțe, puntea se alimentează în curent alternativ. Diodele $D_1 \dots D_4$ servesc pentru redresarea curentului de dezechilibru al punții care apare în procesul de măsurare. Aparatul indicator este un aparat de curent continuu și se gradează direct în unități de masă.

Schemele electrice care măsoară semnalul obținut de la traductoare, fără să-l amplifice, sînt scheme simple, dar introduc erori mari datorită variației accidentale a fiecărui element din circuitul de măsurare.

Schemele electrice care amplifică semnalul furnizat de traductoare au performanțele îmbunătățite (se utilizează amplificatoare cu reacție negativă, stabilizatoare de tensiune etc.). Amplificarea semnalului se realizează fie în curent continuu fie în curent alternativ. Asemenea scheme de măsurare le putem întîlni în componența aparatelor de cîntărit cu doze, indiferent de soluția constructivă adoptată pentru doză.

Folosirea metodei de măsurare prin compensare (pentru ambele tipuri de scheme) ridică considerabil precizia de măsurare. Se folosesc compensatoare cu compensare totală sau proporțională. Compensarea semnalului se realizează continuu la compensatoarele analogice, și în trepte la compensatoarele digitale. În industrie se folosesc, de obicei scheme cu compensare automată. În figura I.149, este dată simplificat o schemă de măsurare cu compensare automată.

Traductoarele $T_1 \dots T_4$ sînt conectate în punte. Variația rezistenței lor în urma solicitării, reprezentată de greutatea corpului cîntărit, dezechilibrează puntea. Semnalul de dezechilibru al punții este introdus în amplificatorul (2) care acționează motorul electric reversibil (3) al unui potențiomtru electronic. Motorul deplasează cursorul potențiometrului (R_V) pentru echilibrarea punții, iar pe scara (4) este indicată valoarea masei măsurate. Semnalului electric furnizat de traductoare i se opune, deci, semnalul obținut de la un element de reglare. Schema prezentată realizează o compensare totală și continuă.

Operația de cîntărire a unor produse implică și cunoașterea masei ambalajelor, a dispozitivelor de prindere, etc. Aceasta impune ca înainte de cîntărire să se facă tararea instalației. În cazul cînd operația de tarare se execută automat, aceasta se comandă din exterior, printr-o cheie prevăzută pe panoul aparatului. Compensatorului de măsurare i se mai asociază, în acest caz, un compensator auxiliar, potențiomtru de tarare, relee temporizate, etc.

Compensatoarele digitale oferă o precizie mai bună decît cele analogice, au o viteză mai mare de răspuns și nu posedă elemente mobile supuse uzurii. Afișarea numerică directă, gabaritul redus, siguranța în funcționare oferită de folosirea circuitelor integrate le conferă o netă superioritate. Principalul dezavantaj al compensatoarelor digitale este costul actual relativ ridicat.

Schemele de măsurare a semnalului obținut de la traductoare se realizează divizat, bloc sau modular. Execuția divizată cuprinde unități disparate reunite între ele prin cabluri și conductoare. Execuția bloc cuprinde unități tip montate în sertare debroșabile. Execuția

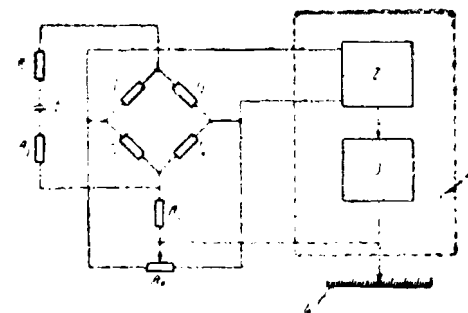


Fig. I.149. Schemă de măsurare prin metoda compensării.

modulară cuprinde un număr de module debroșabile cu funcții bine definite, care conectate în sertare duc la realizarea schemei propuse. Cu un număr limitat de module tipizate se pot realiza mai multe tipuri de scheme de cântărire. Execuția modulară reprezintă ultima orientare în acest domeniu, prezentând avantaje ca:

— posibilități ușoare și rapide de adaptare la noi condiții tehnologice și

— depanare rapidă.

Elementele de afișare sînt fie elemente de afișare analogică, fie elemente de afișare numerică.

— *Afișarea analogică a masei.* După cum s-a arătat, traductoarele sînt alimentate cel mai adesea cu tensiune continuă sau alternativă, la ieșire obținîndu-se un semnal de aceeași natură. Semnalul de ieșire, amplificat sau nu, este afișat pe un aparat electric a cărui scală este gradată direct în unități de masă.

Scala aparatului poate fi:

- scală circulară simplă;
- scală circulară dublă indicînd unitățile și decadele;
- scală cu tambur orizontal și reper fix;
- scală cu panglică rotitoare, cu lentilă de mărire.

Pentru afișarea analogică în locuri deschise, unde rezultatul trebuie citit de la distanțe mari, se utilizează aparate indicatoare speciale fie de tip ceas, fie cu diră luminoasă. Caracteristic pentru afișarea analogică este indicarea continuă a mărimii măsurate.

— *Afișarea numerică a masei.* Afișarea numerică reprezintă o tendință modernă care oferă avantaje față de afișarea analogică: sînt eliminate erorile de citire și informația de măsurare este vizualizată și percepută rapid.

Afișarea numerică este discontinuă (discretă). Cel mai răspîndit sistem de numerație folosit în cazul prelucrării numerice a informației de măsurare este sistemul în bază 2. Acest sistem permite folosirea unor scheme simple cu elemente active cu numai 2 stări stabile; una din stări este asimilată cu stare „0”, iar cealaltă cu starea „1”. Informația numerică este astfel ușor de prelucrat și transmis. Pentru afișarea numerică a mărimii de intrare este necesară transformarea codului binar într-un cod care permite afișarea cu zece poziții (corespunzătoare cifrelor 0...9) și respectiv cu 7 segmente cu ajutorul cărora se pot forma cifrele de la 0 la 9.

După modul de reprezentare a cifrei, indicatoarele numerice folosite în construcția aparatelor de cântărit pot fi:

- indicatoare numerice cu spot luminos;
- indicatoare numerice în mozaic;

- indicatoare numerice cu segmente de linii luminoase;
- indicatoare numerice cu figuri.

La indicatoarele numerice cu spot luminos, reprezentarea cifrei în fața operatorului se face sub forma unui spot luminos care se deplasează cu viteză foarte mare, astfel încît creează imaginea statică a cifrei.

La indicatoarele mozaic, cifra de pe tablou este formată din puncte separate luminoase și forma cifrei se obține din diferitele combinații ale punctelor luminoase.

La indicatoarele cu segmente cifra este formată nu din puncte luminoase, ci din segmente luminoase.

Indicatoarele cu figuri prezintă cifra pe ecran în forma unei figuri pregătite dinainte. Figura poate fi gravată pe metal sau pe sticlă. Indicatoarele cifrice de panou conțin tuburi cu descărcare în gaze care au electrozi în formă de cifre (cu rol de catodi). Aceste tuburi sînt cunoscute sub denumirea de tuburi NIXIE.

Comanda indicatoarelor numerice se face cu elemente mobile sau statice. Indicatoarele cu elemente mobile conțin părți mecanice comandate electric, în general. Indicatoarele cu elemente statice utilizează pentru indicația numerică fenomene diverse ca: fotoluminescența, luminiscenta catodică, acțiunea razelor infraroșii asupra ecranelor luminescente, fenomene în cristale lichide, etc.

Pentru citirea indicațiilor la distanțe mari (în hale, la citirea sarcinii macaralelor, etc.) se utilizează indicatoare cifrice cu lămpi cu incandescență. Cifra se obține prin iluminarea cu lămpi cu filament a unor fante practicate într-un ecran opac. Indicarea cifrică se poate obține și direct prin iluminarea unor lămpi cu incandescență într-un câmp cu 7×5 lămpi. Comanda aprinderii lămpilor se face printr-o schemă cu relee.

Dacă semnalul obținut este analogic și se utilizează afișarea numerică, este necesară introducerea în schema de măsurare a unui convertor analog-digital.

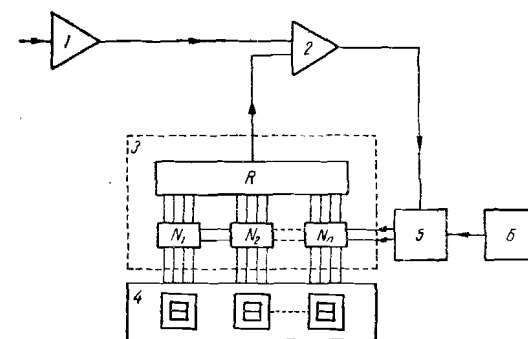


Fig. 1.150. Schemă bloc de afișare numerică a unui semnal analogic.

Convertorul analog digital este un „dispozitiv de codare, utilizat pentru discretizarea după o regulă prestabilită a unui semnal continuu, purtător al informației de măsurare” (STAS 2810—69).

În figura I.150 se dă o schemă bloc de afișare a semnalului analogic sub formă numerică. Blocul (1) este blocul adaptor între impedanța de ieșire a dozei și impedanța de intrare a blocului comparator (2). Blocul comparator compară semnalul analogic de intrare cu un semnal analogic obținut de la un convertor digital-analogic (3). Convertorul digital-analogic conține o rețea (R) de rezistențe de precizie, cu ajutorul căreia se transformă semnalul numeric codificat al numărătoarelor $N_1 \dots N_n$.

Pentru a înțelege, în principiu, funcționarea acestei scheme, presupunem că, la un moment dat, blocul (4) de afișare numerică a afișat masa cu valoarea m_1 . În momentul următor se cîntărește un corp cu valoarea masei m_2 . În blocul (2) se vor compara semnalul corespunzător masei m_1 cu semnalul corespunzător masei m_2 . În funcție de semnul diferenței ($m_1 < m_2$ sau $m_2 < m_1$), comparatorul (2), prin intermediul blocului (5), va comanda numărătoarele (N) să numere într-un sens sau altul impulsurile primite de la blocul (6) pînă la egalizarea celor două semnale. Blocul (4) va afișa noua valoare m_2 .

Prelucrarea și transmiterea la distanță a datelor obținute prin cîntărire. Datele obținute prin cîntărire se pot prelucra cu:

- elemente de calcul specializate;
- dispozitive de imprimare;
- mașini contabile integrate;
- calculatoare de proces.

Elementele de calcul specializate execută operații aritmetice, simple, cu semnalele analogice obținute de la traductoare (cu sau fără adaptare).

Dispozitivele de imprimare pot fi mașini de tipărit, perforatoare de bandă sau cartele. În afară de valoarea masei determinate se pot imprima și alte date suplimentare (data și ora cîntăririi, nr. șarjei etc.).

Mașinile contabile integrate realizează calcule complexe (totalizare parțială, totală etc.), imprimîndu-le pe formulare tip.

Calculatoarele de proces sînt calculatoare care conduc procese tehnologice complexe. Atunci cînd în procesul tehnologic intervin operații de cîntărire, semnalele obținute de la instalația de cîntărire sînt introduse în calculator pentru analiză, decizie, comandă.

Transmiterea la distanță a datelor obținute prin cîntărire se face prin circuite electrice. În general, se preferă transmiterea în curent

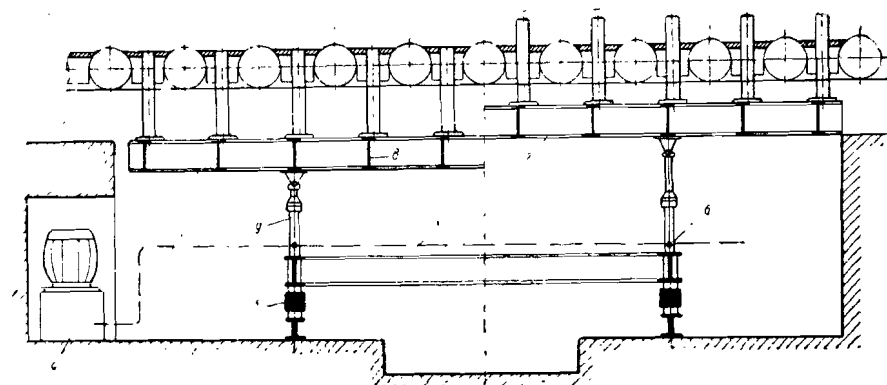


Fig. I.151. Aparat de cîntărit cu platformă.

cele în tensiune, deoarece influența paraziților electrici este mai redusă. Transmiterea datelor obținute de la aparatele de cîntărit la distanțe mari se face prin unde radio.

Tipuri constructive și funcționale de aparate de cîntărit cu doze. Aparatele de cîntărit cu doze se utilizează în foarte multe domenii și prezintă o mare diversitate de tipuri constructive și funcționale.

Le găsim răspîndite mai ales în industrie, funcționînd adesea în condiții grele de mediu, supuse la solicitări statice sau dinamice. Aparatele de uz industrial se construiesc ca aparate robuste, cu o fiabilitate ridicată. De foarte multe ori le întîlnim ca părți componente ale unor instalații complexe aferente proceselor tehnologice.

Pentru cîntărirea vehiculelor se utilizează aparate de cîntărit al căror receptor de sarcină este constituit dintr-o platformă.

Pentru cîntărirea de lamine (profile, tablă, benzi) de blocuri incandescente și în general de materiale transportate pe căi cu role, receptorul de sarcină al aparatului (fig. I.151) este tot o platformă (1 și 2) care se găsește sub rolele (3); este prevăzută cu grinzi transversale (8) și se ridică numai în timpul cîntăririi. Greutatea materialului de pe role este preluată de aceste grinzi. Platforma se sprijină pe un piston (9) care se deplasează în corpul cilindric (6) și este acționat hidraulic de agregatul 4, prin intermediul conductei 7. Corpul pistolului se sprijină pe o doză tensometrică (5).

Pentru cîntărirea din mers a vagoanelor, de asemenea, se utilizează aparate de cîntărit al căror receptor de sarcină este o platformă.

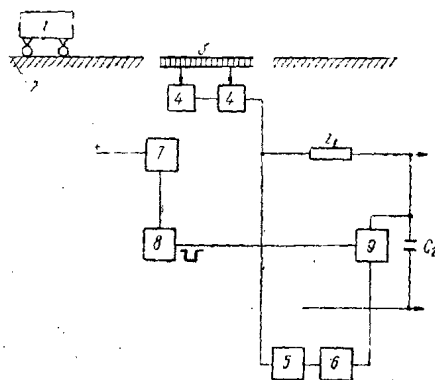


Fig. I.152. Schema bloc a instalației pentru cîntărirea din mers a vagoanelor.

și atenuarea undei de joasă frecvență. Semnalul de ieșire al atenuatorului, cînd circuitul poartă este deschis încarcă condensatorul C_2 . Tensiunea de încărcare a condensatorului este măsurată, ea fiind proporțională cu masa vagonului. Elementele Z_1 și C_2 alcătuiesc un circuit de filtrare. Deschiderea porții (9) este comandată prin impulsuri dreptunghiulare emise de generatorul (8) cuplat cu un circuit de comutare (7). Circuitul de comutare este acționat la trecerea vagonului de pe calea ferată pe platformă.

Aparatele de cîntărit cu doze se utilizează foarte comod și la cîntărirea corpurilor suspendate. În figura I.153 este arătat cum se montează la cîrligul unei macarale doza (1) a unui aparat de cîntărit. Schema bloc a aparatului este dată în figura I.154. Aici este necesar ca valoarea masei cîntărite să fie cunoscută atît de macaragiul cît și de personalul de deservire de pe sol. Se impune deci, transmiterea la distanță a valorilor măsurate. Semnalul obținut de la blocul traductor (1) este măsurat în blocul (2) și codificat în blocul (3). Blocul (4) servește pentru afișaj numeric mic în cabina macaragiului, iar blocul (5) servește pentru afișaj numeric mare, instalat pe podul rulant care poate fi văzut de la distanță. Blocurile (6), (7) (8) servesc pentru transmiterea la distanță a informației de măsurare, care este primită de blocurile (9) și (10), afișată numeric cu cifre mici de blocul (11) și înregistrată în blocul (13) după o decodificare realizată în blocul (12).

La căile aeriene se pot folosi aparate de cîntărit cu doze montate pe șină.

Figura I.152 înfățișează o schemă bloc de principiu a unui asemenea aparat. Calea ferată (2) este întreruptă și platforma (3) este plasată pe dozele (4). Vagonul (1) este cîntărit în momentul în care se deplasează pe platformă.

La cîntărirea vagoanelor din mers, deși viteza este mică (cca. 3 km/h) apar fenomene tranzitorii la intrarea osiei pe platformă și vibrații de joasă frecvență (2, 3 Hz) peste care se suprapun armonicii de ordin superior, ceea ce duce la scăderea preciziei. Semnalul furnizat de doze este trecut prin blocurile (5) și (6) unde are loc detectarea

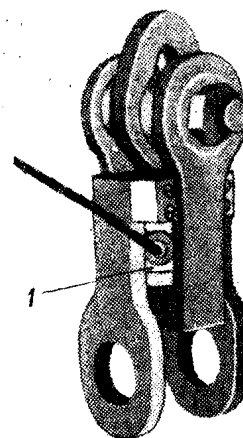


Fig. I.153. Montarea unei doze de măsurat la cîrligul unei macarale.

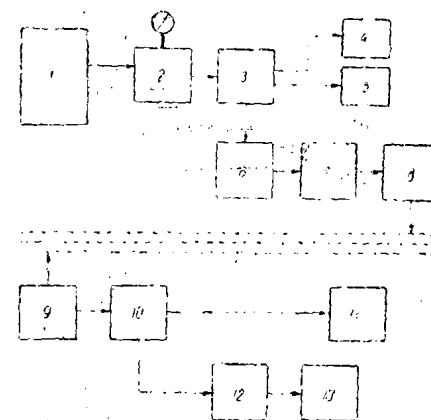


Fig. I.154. Schema bloc a unui aparat de cîntărit cu doze, cu transmiterea la distanță a valorilor măsurate.

Pentru cîntărirea motoarelor de gabarit mare, a transformatoarelor uriașe, care se realizează cel mai adesea ca unicate, se folosesc aparate de cîntărit cu doze prinse de pistonul unor cilindri hidraulici. Aparatele sînt portabile. Prin acționarea pompei de alimentare a cilindrilor, pistonul se ridică și preia sarcina. Se folosesc 3 sau 4 aparate de cîntărit dispuse simetric sub utilaj.

În schema din figura I.155 este prezentată în principiu funcționarea unui aparat de cîntărit utilizat în gările maritime și aeriene pentru cîntărirea coletelor. Se determină nu numai masa coletului, dar și volumul acestuia. Coletul (5) este adus de pe banda transportoare (4) pe banda de măsurare (3) care este amplasată pe doze de măsurare. Coletul trece printr-un cîmp de explorare cu celule fotoelectrice (2). Celulele sînt iluminate de lămpile (1) în spectrul ultraviolet. Umbra coletului modifică iluminarea fotocelulelor, de aici

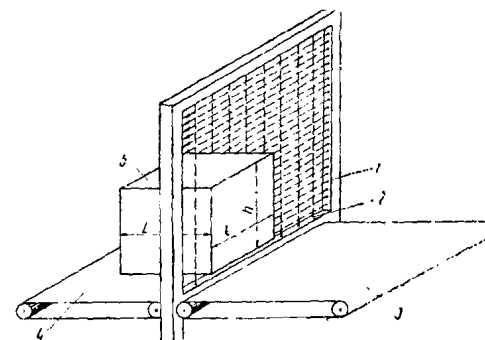


Fig. I.155. Aparat pentru cîntărit colete.

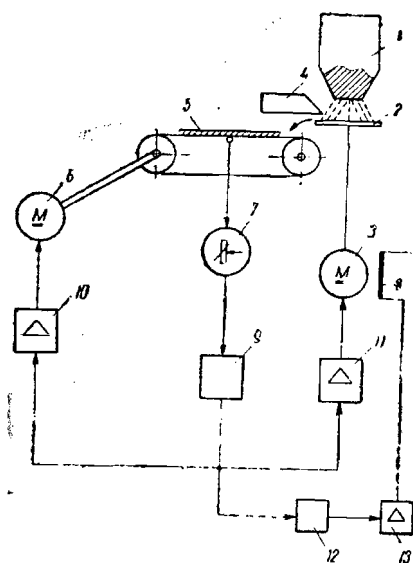


Fig. I.156. Schema bloc de principiu a unui dozator gravimetric cu bandă.

Funcționarea dozatoarelor cu bandă este influențată negativ de curgerea neuniformă a materialului. Pentru compensarea acestui neajuns se prevăd senzori cu electrozi capacitivi, inductivi sau rezistivi, care controlează prezența materialului în jgheabul de vărsare al buncărului.

Precizia de măsurare este de 0,5% pentru materiale de granulație fină și uniformă și 1% pentru materiale cu granulație mare și neuniformă.

În figura I.157 este dată schema bloc a unui dozator de buncăr utilizat în industria construcțiilor pentru realizarea amestecurilor de componente. Dozatorul este compus din: — receptor de sarcină (A), doze tensometrice (B), indicator compensator (C), programator (D), sistem de alimentare cu material (E) cu dispozitiv (F) de reglare a debitului. Sistemul de alimentare cu material conține un vibrator (1), un șnec (2) și un electroventil (3).

În sistemul de rezemare pe trei doze, dacă acestea sînt în plan orizontal receptorul de sarcină nu introduce erori.

Ansamblul receptor de sarcină-doze este caracterizat prin următoarele mărimi:

putîndu-se obține volumul coletului. Valoarea masei coletului este valoarea medie a masei măsurate pe parcursul benzii de măsurare. Limita maximă de cîntărire este de cca 230 kg.

În figura I.156 este dată schema de principiu a unui tip de dozator gravimetric cu bandă. Materialul din buncărul de stocare (1) cade pe talerul (2) care este rotit de motorul auxiliar de curent continuu (3). Cuțitul (4) împinge materialul pe banda scurtă (5) antrenată de motorul de curent continuu (6). Tensiunea măsurată la doză (7) este aplicată blocului (9) care comandă simultan, prin intermediul amplificatoarelor (10) și (11) motorul (6) de antrenare a benzii și motorul (3), prin înfășurarea de excitație (8). Blocurile (12) și (13) servesc pentru reglarea excitației motorului (3).

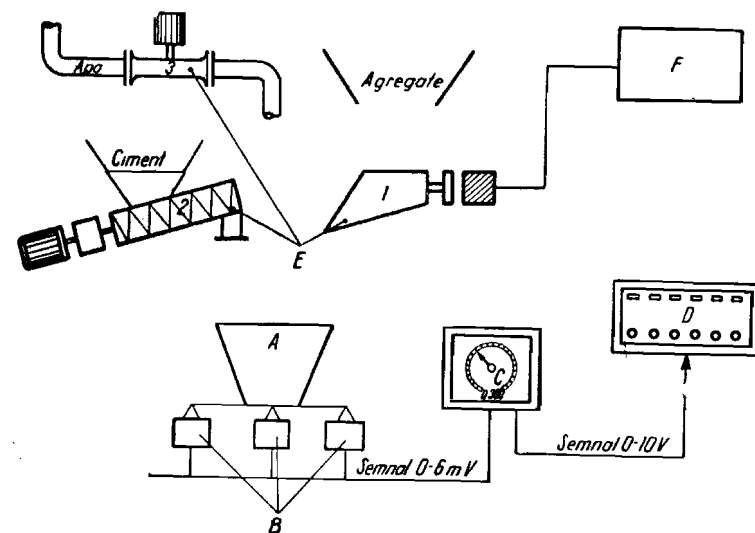


Fig. I.157. Schema bloc a unui dozator gravimetric de buncăr.

— $Q_n = \Sigma q_n$ — masa nominală; — Q_t — masa receptorului de sarcină (tara); Q_m — masa materialului dozat la sarcina maximă utilă; $\alpha_i = \frac{Q_n + Q_t}{Q_m}$ — coeficient de încărcare a dozelor.

Pentru indicarea masei se folosește un indicator compensator cu semnalul de intrare între 1 mV și 10 mV. Pentru ca la intrarea compensatorului să sosească de la doze un semnal cuprins între 1 mV și 10 mV se folosește un adaptor cu ieșire în tensiune. Ieșirea în tensiune este destinată — atunci cînd se utilizează — indicării numerice sau analogice. În instalațiile de automatizare se utilizează ieșirea în curent unificat.

Sistemele unificate de curent sau tensiune sînt acele sisteme care folosesc același domeniu de variație a semnalului atât pentru intrare cît și pentru ieșire.

Semnalul obținut de la dozele tensometrice cu diferite limite de măsurare furnizează semnalul de intrare unui adaptor care-l transformă în semnal unificat de curent ($2 \div 10$ mA, sau $4 \div 20$ mA).

Semnalul unificat de curent este mai puțin afectat de paraziții electrici industriali.

În cazul semnalului unificat de tensiune adaptorul dă la ieșire o tensiune unificată (0,4—2 V; 1—5 V; 1—10 V).

În cazul utilizării semnalelor unificate de tensiune, pentru ca procesul de măsurare să nu fie afectat, sînt necesare aparate cu impedanță mare de intrare.

Scara aparatelor de măsurat care primesc la intrare semnal unificat se gradează în semnal unificat sau în procente (0–100%). Între mărirea de măsurat și indicațiile scalei există o relație de corespondență (ex. : 0% = 0 kg, 100% = 5000 kg; sau 2 mA = 0 kg; 10 mA = 5000 kg). Scala se poate grada și în unități de masă.

Programatorul de dozare servește programării cantităților de materiale care sînt necesare realizării diverselor rețete de bêteane. Face parte dintr-un sistem unificat de dozare și poate fi utilizat și în alte cazuri. Programatorul compensează într-o punte de măsură semnalul electric cules de pe potențiometrul de programare cu semnalul electric cules de la un potențiometru traductor rezistiv, care urmărește cantitatea programată. Semnalul de ieșire al punții este amplificat și realizează comutarea tuturor sorturilor programate și comenzile necesare realizării ciclului automat.

Programatorul îndeplinește următoarele funcțiuni: programează pentru dozare, realizează dozarea grosieră și fină a agregatelor și cimentului, realizează comutarea la sortul următor după o pauză de la terminarea dozării unui sort, semnalizează dozarea fiecărui sort, după dozarea ultimului sort, dă comandă pentru continuarea ciclului automat și pregătește dozarea următoare, realizează corecția dinamică automată a cantității prescrise.

Programatorul permite realizarea dozării semiautomat sau automat. Programatorul conține 4 părți funcționale distincte: puntea de măsură și programare, amplificatorul de eroare, schema de comutare a sorturilor, partea de semnalizare optică și comenzi în exterior.

Sistemul de alimentare poate fi: jgheab, vibrator, șneac, electroventil, bandă etc. (în funcție de natura materialului dozat) ca și la dozatoarele cu pîrghii.

Eroarea introdusă de sistemul de alimentare este strict dinamică și depinde de debitul de curgere al materialului și de timpul de răspuns al elementului de acționare.

Din punct de vedere funcțional, aparatele de cîntărit cu doze folosite în industrie pot realiza ca și cele cu pîrghii controlul masei unui material, pot cîntări cantități prestabilite pentru realizarea unei șarje sau a unui amestec, pot supraveghea menținerea la o valoare constantă a masei materialului dintr-un recipient, pot număra obiecte identice, pot sorta etc. Pot servi de asemenea, ca regulatoare pentru transportarea unei cantități variabile de material în unitatea de timp, pentru a satisface o anumită lege de variație a masei în elementul automatizat sau pot servi ca dozatoare.

În general, un aparat de cîntărit nu îndeplinește numai una din funcțiile enumerate ci îndeplinește mai multe funcții simultan.

Instalații complexe care folosesc aparate de cîntărit cu doze.

Utilizarea unor instalații complexe de cîntărire în industrie este justificată din punct de vedere tehnic și economic mai ales în ramurile unde se vehiculează sarcini mari: industria extractivă, siderurgică, metalurgică, industria materialelor de construcții, transporturi, industria sticlei, termoelectrică, industria chimică a coloranților și a materialelor plastice, industria alimentară etc.

De pildă, în fabricile de sinterizare a minereurilor calitatea produsului în condiții mereu variabile (minereu și cocs diferite, umiditate variabilă), impun controlul permanent și automatizarea dozării materialelor în șarje. Se utilizează în acest scop instalații complexe de cîntărire cu dozatoare gravimetrice cu bandă.

O asemenea instalație se găsește la fabrica de aglomerate de la Combinatul Siderurgic Galați.

Tot cu instalații complexe se realizează controlul masei de oțel turnat, a masei nisipului de formare în turnătoriile de precizie, a masei de combustibil solid necesar centralelor termoelectrice.

Pentru evidența productivității abatajelor de cărbune, pentru măsurarea masei cărbunului prelucrat ulterior (concasat, cocsificat, brichetat, etc.) se folosesc de asemenea, instalații complexe care conțin aparate de cîntărit cu doze.

În figura I.158 este reprezentată schema de principiu a procesului automat de încărcare a furnalelor de la Combinatul Siderurgic Galați. În acest proces este necesară măsurarea masei materialelor care se introduc în furnal. Este necesară de asemenea, dozarea materialelor după diferite rețete. Datorită timpului scurt și schimbării rapide a rețetelor, supravegherea încărcării și dozării materialelor este realizată de calculatoarele de proces. Furnalele sînt încărcate la partea superioară prin două schipuri (cărucioare) (s) care alunecă pe o cale înclinată. Materialele necesare încărcării sînt stocate în buncăre de mare capacitate și de aici sînt vărsate în pîlile aparatelor de cîntărit (1, 2, 3). Pîlile aparatelor de cîntărit sînt așezate pe doze tensometrice (5, 6, 7, 8).

Schema de măsurare a aparatului de cîntărit se găsește în camera de comandă a furnalului și constă dintr-un compensator analogic prevăzut cu un convertor analog-digital. Schema de măsurare mai cuprinde elemente de comutație statică și relee cu rol de comandă (12, 13, 14). Tot în camera de comandă se mai găsește o schemă care indică optic poziția utilajelor și care cuprinde și indicatoarele cifrice și elementele de referință numerice ale aparatelor de cîntărit.

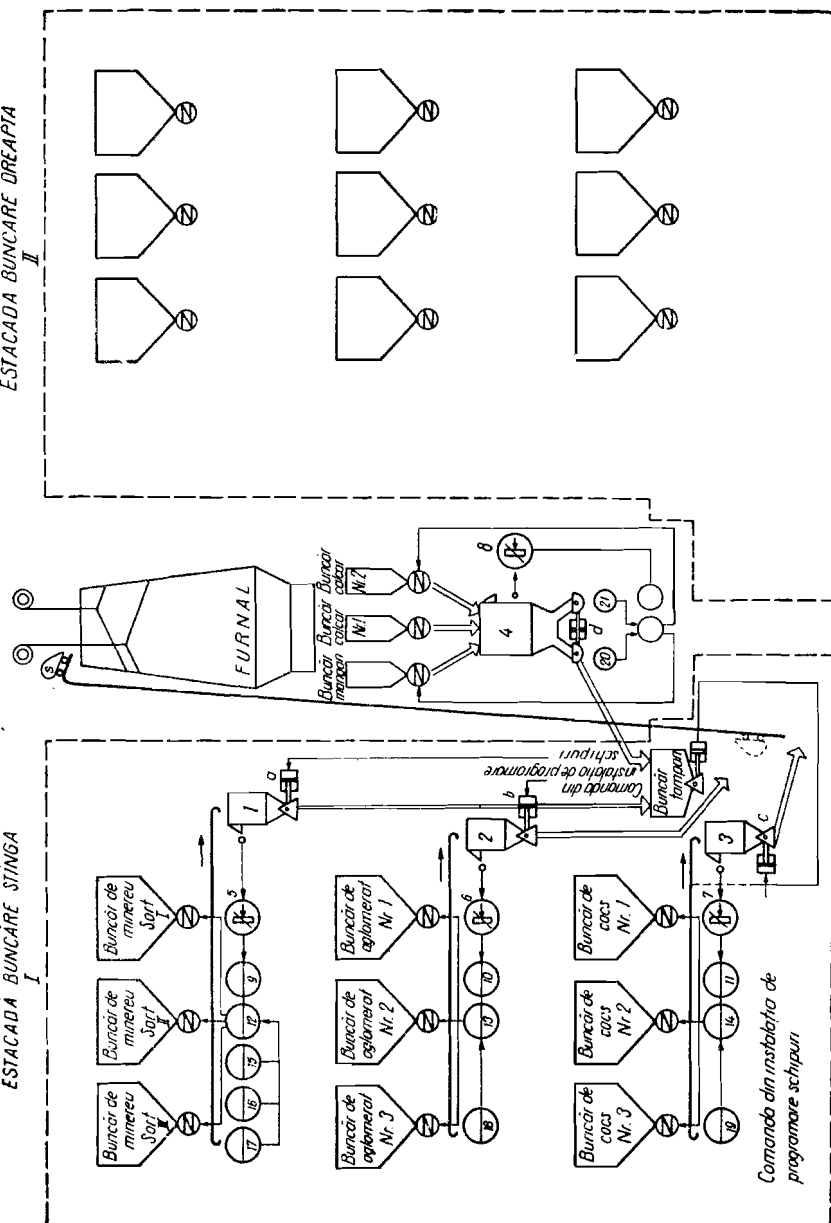


Fig. I.158. Schema instalației de încărcare a furnalelor de la Combinatul Siderurgic Galați.

Aparatele de cîntărit dau următoarele semnale de comandă:

- semnalul de gol;
- semnalul pregătitor;
- semnalul de oprire;
- semnalul final.

Semnalul de gol comandă încărcarea pîlnei. Semnalul pregătitor comandă închiderea alimentării buncărului de stocare; semnalul de oprire oprește banda de transport, iar semnalul final comandă imprimarea valorii masei cîntărite. Indicațiile instantanee ale aparatelor de cîntărit cît și valorile de referință programate sînt transmise calculatorului de proces care controlează permanent desfășurarea în timp a procesului de încărcare a furnalului. Cu ajutorul calculatorului se memorează eventuala diferență între valoarea prescrisă și cea cîntărită și se scade automat din valoarea prescrisă pentru următoarea cîntărire. În acest proces complet automat se mai folosesc: pîlnie de cîntărire pentru adaosuri (4), elemente de comandă și acționare (9), (10), (11), elemente de programare pentru sorturi de material (15...21), elemente de închidere hidraulice (a, b, c, d).

2. Aparate de cîntărit hidraulice și pneumatice

Aparatele de cîntărit hidraulice au ca principiu variația presiunii unui lichid supus acțiunii greutății corpului cîntărit. Sînt aparate de precizie inferioară și se utilizează pentru cîntărirea de mase mari. Variația presiunii lichidului este transmisă unui manometru care are cadranul divizat în unități de masă.

În figura I.159 se arată un astfel de aparat. Pistonul (1) se deplasează sub acțiunea greutății, exercită presiune asupra lichidului din cilindru (2), care la rîndul său transmite pre-

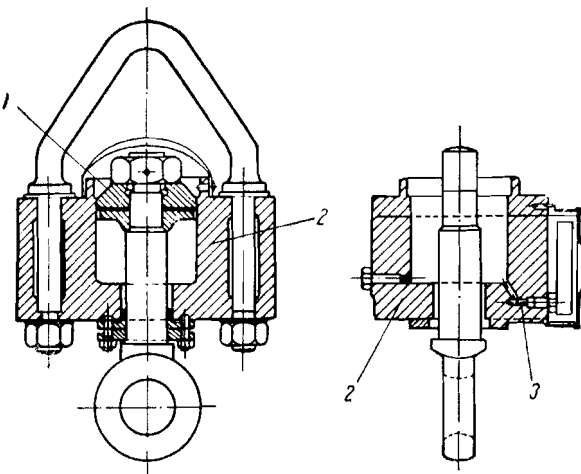


Fig. I.159. Aparat de cîntărit hidraulic.

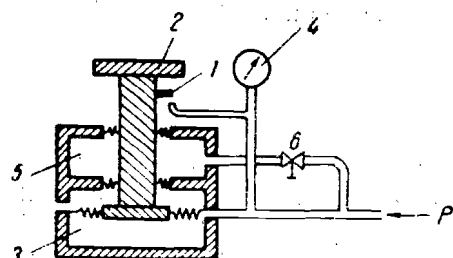


Fig. I.160. Schema de principiu a unei balanțe pneumatice.

presiunea unui gaz. În figura I.160 este dată schema de principiu a unei balanțe pneumatice cu ajutor — clăpetă (1). Sub acțiunea sarcinii așezate pe receptorul (2), distanța între clăpetă și ajutor se micșorează, presiunea din camera de reacție (3) crescând proporțional pînă la obținerea echilibrului. Valoarea sarcinii, respectiv a masei, se determină măsurînd cu manometrul (4), gradat în unități de masă, presiunea în camera de reacție. Pentru tarare se modifică presiunea în camera de tarare (5) cu ajutorul ventilului cu ac (6).

Cu această balanță se pot cîntări mase cuprinse între 1 g și 30 g iar precizia de măsurare este superioară.

3. Aparat de cîntărit cu surse radioactive

Funcționarea acestor aparate se bazează pe variația intensității fluxului radiant (emis de o sursă de izotopi) la trecerea acestuia prin materialul care se cîntărește.

Aparatele de cîntărit cu surse radioactive se utilizează pentru măsurarea continuă a masei benzilor de hîrtie, carton, carton asfaltat, etc., în mișcare.

Ca surse de radiații sînt folosiți diverși izotopi radioactivi ca: cesiu 137, kripton 85, thaliu 204, stronțiu 90, etc.

În figura I.161 este prezentat schematic un aparat cu surse radioactive, folosit pentru măsurarea masei benzilor de hîrtie. Aparatul conține un traductor constituit dintr-o cameră de ionizare. Sursa radioactivă (1) este montată într-un container special sub banda de hîrtie (2), iar camera de ionizare (3) este plasată deasupra. Banda de material, de grosime constantă și suprafață cunoscută, absoarbe radiațiile emise de sursă proporțional cu densitatea materialului. Intensitatea fluxului radiant al sursei va fi diminuată deci proporțional

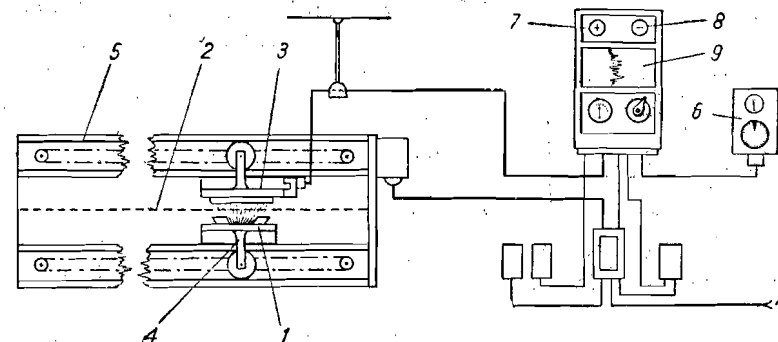


Fig. I.161. Schema unui aparat de măsurat masa hîrtiei cu surse radioactive.

cu densitatea materialului (deci și cu masa lui) și corespunzător va varia curentul camerei de ionizare. Atît sursa cît și traductorul sînt montate pe cărucioarele (4) care se deplasează concomitent pe două șine (5). Variațiile curentului din traductorul (3) sînt amplificate de un amplificator special și apoi sînt aplicate la intrarea unui circuit diferențial. La intrarea acestui circuit se aplică o tensiune stabilizată, care se poate regla cu ajutorul dispozitivului (6). Valoarea tensiunii aplicate la circuitul diferențial, în scopul compensării variațiilor de curent în camera de ionizare, este proporțională cu unghiul de rotire al tamburului dispozitivului de reglare (6). Aparatul se fixează la o anumită valoare, corespunzătoare prescripțiilor procesului tehnologic. Atunci cînd această valoare este depășită, se aprinde unul din cele două becuri (7) sau (8), arătînd semnul + sau -, după sensul depășirii. Aparatul electric înregistrator (9) înregistrează pe bandă toate depășirile, față de valoarea fixată inițial.

Aparatele de cîntărit cu surse radioactive pot efectua măsurări continue fără întreruperea procesului tehnologic și pot să vină în contact cu obiectul măsurat.

B. VERIFICAREA APARATELOR DE CÎNTĂRIT CU TRADUCTOARE

În capitolul V s-a precizat că indiferent de construcția lor, aparatele de cîntărit se clasifică conform STAS 3960/1-71.

În această idee, verificarea aparatelor de cîntărit cu traductoare se asimilează cu cea a unui aparat corespunzător cu pîrghie, cu scară gradată, analogic sau digital.

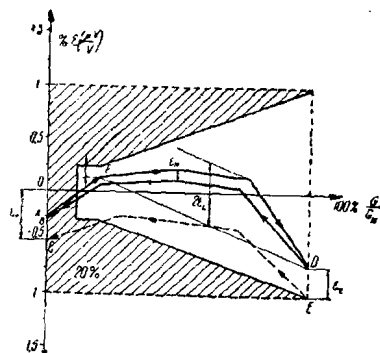


Fig. I.162. Diagrama erorilor la o doză.

În cazul aparatelor de cîntărit cu doze care, după cum s-a arătat sînt compuse din mai multe elemente, fiecare dintre aceste elemente introduce un anumit tip de eroare care se traduce printr-o eroare de măsurare.

Astfel, dozele introduc o eroare dată de ansamblul erorilor de neliniaritate, histerezis, curgere și punct de zero; eroarea nu poate fi descompusă în componente.

Eroarea de neliniaritate se definește ca fiind diferența dintre caracteristica statică reală și caracteristica efectivă a unei doze (o dreaptă avînd panta egală cu sensibilitatea dozei).

Pe figura I.162 se pot preciza clar erorile enumerate:

— eroarea de neliniaritate ϵ_L este jumătate din segmentul cuprins între caracteristică și dreapta între F și D ;

— eroarea de histerezis ϵ_H este diferența dintre ordonate între curbele de încărcare și descărcare a dozei, pentru 50% din sarcina nominală;

— eroarea de curgere sau de inerție ϵ_c este diferența între ordonate la sarcina nominală punctele D și E , obținute la încărcări diferite la un interval de cel puțin 90 minute între ele;

— eroarea de punct de zero, ϵ_0 apare după un timp de funcționare și este o consecință a erorii de curgere.

Variațiile de temperatură produc erori care se compensează.

Dozele de măsurare se încadrează ca precizie între 0,5 și 1,5%.

Eroarea de ansamblu a dozei se determină cu mase etalon sau cu ajutorul unei mașini de încercare.

Erorile introduse de elementele de prelucrare a semnalului sînt de asemenea importante.

În cazul amplificatoarelor de curent continuu, cea mai importantă cauză de erori este deriva de zero. În cazul amplificatoarelor de curent alternativ, erorile care apar se datoresc semnalelor parazite și variației frecvenței tensiunii rețelei, mai ales. Pentru evitarea acestor erori se iau măsuri de ecranare a circuitelor și se lucrează cu rezistențe de intrare de valori mici.

Elementele de afișare introduc, de asemenea, erori.

În cazul afișării numerice trebuie acordată o atenție deosebită realizării corecte a conexiunilor dintre diferite circuite în scopul evitării recepționării de impulsuri străine circuitului de măsurare.

Sistemul de înregistrare, cînd există poate fi deseori o cauză de erori atunci cînd nu este întreținut corespunzător (de exemplu, apar frecări sau rămîneri în urmă a penitei față de variația fenomenului).

În majoritatea cazurilor elementele care intră în componența unui aparat de cîntărit cu doze se pot verifica și etalona separat. Se pune însă problema și a verificării etalonării întregului aparat.

Verificarea unui aparat de cîntărit cu doze cuprinde mai multe etape dintre care:

— verificarea încărcării simetrice a dozelor;

— verificarea indicațiilor cu ajustarea corespunzătoare a elementelor variabile;

— verificarea metrologică a întregului aparat.

Verificarea încărcării simetrice a dozelor constă din următoarele operații:

— se aduce aparatul indicator la zero mecanic;

— se pune instalația sub tensiune și se așteaptă pînă la atingerea regimului de durată;

— se aduce potențiometrul de tarare pe poziția zero;

— se dezlipesc pe rînd legăturile de măsurare la cîte două doze și se verifică la un compensator portabil indicația pentru doze rămase în circuit (de ex: la un aparat cu 3 doze), indicațiile nu trebuie să difere de la doză la doză.

Se lipesc apoi toate legăturile și se așează în diferite puncte ale receptorului de sarcină, o sarcină egală cu 1% din cea nominală. Indicațiile nu trebuie să fie diferite.

Verificarea se execută pentru mai multe puncte din intervalul de măsurare.

Pentru verificarea dispozitivului electric de măsurat, în cazurile cînd nu există mase etalon adecvate, se folosește un simulator de doză denumit și doză fantomă sau celulă fantomă.

Simulatorul este o punte calibrată cu rezistențe în trepte, cu sensibilitatea reglabilă și reproduce electric încărcarea dozei.

Pînă la ora actuală nu există elaborate instrucțiuni oficiale de verificare metrologică a aparatelor de cîntărit cu doze și de aceea verificarea se execută prin asimilare cu aparate de cîntărit cu pîrghii.

Verificarea cunoștințelor

1. Ce se înțelege prin traductor?
2. Enumerați principalele tipuri de traductoare folosite în construcția aparatelor de cîntărit.

3. Care sînt principalele avantaje pe care le oferă utilizarea aparatelor de cîntărit cu doze?
4. Enumerați principalele părți componente ale aparatelor de cîntărit cu doze.
5. Cum se măsoară semnalele furnizate de traductoarele aparatelor de cîntărit cu doze?
6. Care este schema electrică echivalentă a unui doze?
7. Precizați avantajele schemelor de măsurare cu compensare.
8. Care sînt avantajele compensatoarelor digitale?
9. Cum se pot afișa datele obținute prin cîntărire?
10. Precizați avantajele afișării numerice și indicați modalități de realizare a acestora.
11. Cum se prelucrează datele obținute prin cîntărire?
12. Care sînt cerințele constructive care se impun aparatelor de cîntărit de uz industrial?
13. Care sînt principalele tipuri constructive și ce funcții pot îndeplini aparatele de cîntărit de uz industrial?
14. Explicați pe scurt funcționarea unui dozator de bandă și a unui dozator de buncăr. Comparați-le cu aparate cu pîrghii similare.
14. Cum se verifică un aparat de cîntărit cu traductoare?
16. Care sînt particularitățile verificării aparatelor de cîntărit cu doze?